1.7.8

BI

NOUVEAU SYSTÈME
DE
CHIMIE ORGANIQUE.

BL

NOUVEAU SYSTÈME
DE
CHIMIE ORGANIQUE.

Digitized by Google

NOUVEAU SYSTÈME

DE

CHIMIE ORGANIQUE

FONDÉ

SUR DE NOUVELLES MÉTHODES D'OBSERVATION,

ET PRÉCÉDÉ

D'UN TRAITÉ COMPLET DE L'ART D'OBSERVER ET DE MANIPULER,

EN GRAND ET EN PETIT,

DANS LE LABORATOIRE ET SUR LE PORTE-OBJET DU MICROSCOPE ;

PAR

F.-V. RASPAIL.

TROISIÈME ÉDITION ENTIÈREMENT REFONDUE,

ACCOMPAGNÉE

D'UN ATLAS IN-4° DE VINGT PLANCHES DE FIGURES DESSINÉES D'APRÈS NATURE,
ET GRAVÉES AVEC LE PLUS GRAND SOIN

TOME PREMIER.

Il n'y a de petit dans la nature que les petits esprits.

Mémoire sur l'Alcyonelle, 1827

BRUXELLES,
SOCIÉTÉ TYPOGRAPHIQUE BELGE.
AD. WAHLEN ET COMPAGNIE

1839

N. L. 8

A LA MÉMOIRE

D'UN HOMME DE BIEN, MON PAUVRE MAITRE,

L'ABBÉ EYSSÉRIC.

A toi, qui sus allier le prêtre de l'Évangile avec l'homme de la science et de la civilisation! A toi, qui, à Paris, aurais mérité de n'être d'aucune académie, et qui, dans mon village, ne voulus jamais t'élever au-dessus de la dignité d'instituteur des pauvres! A toi, philologue d'une immense érudition, qui te dévouas, toute ta vie, à faire épeler des lettres! A toi, prêtre, qui n'as jamais voulu vivre que du travail de tes mains!

A toi l'hommage de ce livre!

Puisse cette consécration pieuse que je t'adressai, pour la première fois, du fond de la prison dont je m'étais fait une solitude, et que je te renouvelle du fond de la solitude dont je me suis fait une prison; puisse cette consécration pieuse rendre mon livre aussi utile à la science, que l'ont toujours été tes exemples et tes leçons à la cause de l'humanité!

Adieu.

F.-V. RASPAIL.

Paris, 10 mai 1838.

AVERTISSEMENT

DE LA PREMIÈRE ÉDITION (1833).

Le moment ne pouvait pas être plus favorable pour la publication de cet ouvrage. Les expériences d'où découlent les principes sur lesquels il repose sont enfin proclamées exactes par des hommes célèbres dans la science, après avoir été, pendant sept ans, repoussées avec acharnement par des médiocrités en crédit, dédaignées par des célébrités dupes de hautes influences, ou admises sous le manteau du plagiat. Cette victoire, après une aussi longue lutte, resterait stérile pour la science, si nous ne profitions pas de l'armistice, pour coordonner nos conquêtes et en former un seul tout.

En effet, dans un ordre social où le mérite ne s'estime pas, mais se mesure; où l'importance d'une opinion est en raison directe des émoluments de celui qui la professe, comment un observateur pauvre et proscrit pourrait-il attendre, d'une bienveillance étrangère, assez de patience pour aller fouiller les rapports intimes de ses publications éparses dans un si grand nombre de feuilles périodiques? Et pourtant toutes nos observations se tiennent par les liens les plus étroits; il existe entre elles une filiation ou une analogie telle que l'une s'explique presque toujours par l'autre, et semble n'en être souvent que le plus simple corollaire.

Aussi le système que je publie n'a pas demandé de longues méditations; il a jailli, comme d'un seul jet, de l'ensemble de phénomènes que j'avais si scrupuleusement observés; et l'on n'aura pas, je pense, de la peine à m'en croire sur parole, quand on se sera assuré par soi-même de la simplicité de son expression.

Les amateurs des néologismes tirés du grec et du latin trouveront peut-être que ma nomenclature est prosaïque et banale. Mais j'ai été toujours convaincu que le luxe des créations nominales n'avait d'autre but que de donner le change sur le vide de la pensée, et que le moins grave inconvénient de cette mode moderne est sans doute d'introduire, dans la nomenclature scientifique, quelques barbarismes de plus (1). Enfin j'ai toujours eu le malheur de trouver, dans notre langue, des mots qui se prêtaient parfaitement bien à mes définitions.

Comme le *Système de Chimie organique* que je publie est compacte et d'une grande unité, qu'il n'est, pour ainsi dire, que l'application méthodique d'un certain nombre de principes déduits d'expériences rigoureuses, pour éviter les répétitions j'ai dû employer fréquemment la ressource des renvois; ils sont exprimés par le chiffre de l'alinéa entre

(1) Il n'y a peut-être pas d'auteurs plus portés à combiner des radicaux grecs et latins, à l'aide du dictionnaire, que ceux qui n'ont jamais eu la moindre notion de l'une et de l'autre langue; ce qui est fort commun en France.

deux parenthèses. Ces renvois indiquent, ou l'explication du mot que suit la parenthèse, ou l'analogie du phénomène, ou la preuve de l'assertion, ou enfin la place typographique de la citation.

Jusqu'à présent, j'ose le dire, nous n'avons eu en *chimie organique* que des catalogues, ou, si l'on veut, des classifications arbitraires; je publie un *système* entièrement neuf, quoique fondé rigoureusement sur des expériences dont le plus grand nombre ont déjà paru dans des recueils divers. Du reste, la plupart d'entre elles sont connues d'un si petit nombre d'adeptes, elles ont été si peu indiquées même par ceux qui y puisaient à pleines mains, qu'elles auront encore aujourd'hui la fraîcheur de leur première publication et même le mérite de la nouveauté.

Tous les problèmes de la science des corps organisés ne s'y trouvent pas résolus; mais alors j'ai tâché de fournir toutes les données qui m'ont semblé devoir conduire à la solution. J'ai exposé succinctement les caractères essentiels; j'ai donné la clef des caractères accessoires ou empruntés; j'ai dévoilé les mélanges si souvent adoptés pour des principes immédiats. J'ai cherché, dans toutes les questions, à éclairer la chimie par l'anatomie et par la physiologie; car j'ai toujours considéré comme le comble du ridicule, de n'étudier la nature, qui est l'ensemble harmonieux de toutes les lois, qu'en ne consultant que l'une d'elles. Enfin, douze planches coloriées, calquées par moi au microscope, servent à peindre aux yeux les phénomènes essentiels que je décris. Ma méthode d'exposition se réduit à définir, exposer et réfuter.

Quoique j'aie mis le plus grand soin à rendre mes idées avec simplicité et une rigoureuse exactitude, je me vois pourtant forcé de demander grâce pour mon style, dans le cas où quelque négligence m'aurait échappé; je prie mes lecteurs de ne pas perdre de vue que pendant longtemps mon grabat m'a servi de table, et que mon cabinet d'études est un cabanon qui n'offre pas même les avantages du cachot, je veux dire la solitude et le silence.

On serait peut-être en droit, si l'on venait à remarquer des lacunes dans mon travail, de me demander compte des trois dernières années de mon existence, années d'inaction, mais non de paresse. Mais on me permettra à mon tour de demander compte à la société actuelle de ses torts envers l'observateur pauvre et indépendant; elle qui achète les complaisances envers le pouvoir par 30,000 fr. de sinécures, et paye l'indépendance des opinions par les cachots; elle qui fournit à un seul homme quatre laboratoires où il n'entre jamais, une chaire où il s'endort; elle qui se hâte de proclamer, comme des génies, des ambitieux qui ont fait servir à la tromper l'or qu'elle prodiguait à leurs intrigues; qui transforme les fauteuils académiques en tout autant de berceaux de famille, et qui ferme ensuite toutes les portes à l'homme d'honneur, s'il ne veut rien obtenir que des suffrages libres de ses concitoyens; où pense-t-elle enfin que nous trouvions les substances et les instruments nécessaires pour nous livrer à la continuation de nos travaux?

Oh! certes oui, si au lieu de disputer mon existence et celle des miens à la persécution et à la nécessité, j'avais eu le bonheur d'étudier au sein d'un peuple libre, je sens quelque chose en moi qui me crie que j'aurais poussé bien loin les limites de la science créée à la sueur de mon front.

Mais l'avenir me console, et le passé doit m'absoudre du présent. J'expose le *compendium* chronologique de ce passé dans la liste suivante de travaux volumineux, qui, malgré le caractère en apparence hétérogène de leurs titres, ne s'en tiennent pas moins tous, pour ainsi dire, par la main. Cette liste aura le double but de faire voir par quelle filière de raisonnements et d'observations je suis arrivé au présent *Système de Chimie organique*, et de couper court à toutes les questions d'antériorité.

1. Sur la formation de l'embryon dans les

graminées (*Annales des Sciences naturelles*, mars 1825, tom. 4).

2. Essai d'une classification générale des graminées, fondée sur l'étude physiologique de cette famille (*ibid.*, avril et juillet 1825, t. 5.)

3. Développement de la féeule dans les organes de la fructification des céréales, et analyse microscopique de la fécule, suivies d'expériences propres à en expliquer la conversion en gomme; première partie (*ibid.*, octobre 1825); — deuxième partie (*ibid.*, novembre 1825).

4. Additions au Mémoire sur l'analyse microscopique de la féeule (*ibid.*, mars 1826, tom. 6).

5. Réponse à quelques objections relatives au Mémoire sur la formation de l'embryon (*ibid.*, mai 1826).

6. Tableau comparatif des caractères physiques des diverses fécules (*Bulletin universel des sciences et de l'industrie*, première section, novembre 1826).

7. Sur le sulfate d'amidon et sur l'inulure d'amidon (*ibid.*, décembre 1826).

8. Mémoire sur l'anatomie comparée des graminées (*ibid.*, deuxième section, mars et avril 1827).

9. Recherches chimiques et physiologiques destinées à expliquer non-seulement la structure et le développement de la feuille, du tronc, ainsi que des organes qui n'en sont qu'une transformation, mais encore la structure et le développement des tissus animaux (extrait dans le *Bulletin universel des sciences et de l'industrie*, deuxième section, tom. 10, n° 176, inséré en entier dans le tom. 3 des *Mémoires de la Société d'histoire naturelle de Paris*, 1827).

10. Tableau comparatif des caractères physiques des diverses fécules (*Bulletin universel des sciences et de l'industrie*, première section, septembre 1827).

11. Note sur une féeule singulière, extraite des tiges souterraines du *Typha angustifolia* (*ibid.*, octobre 1827).

12. Expériences chimiques et physiques sur les *Chara* (*ibid.*, septembre 1827).

13. Note sur le développement du *Byssus botryoïdes* (*ibid.*, septembre 1827).

14. Mémoire concernant l'ouverture que Grew a décrite le premier sur le test des graines, suivi d'une notice sur le genre *Pontederia* (*Mémoires du muséum d'histoire naturelle*, tom. 14).

15. Notice sur la détermination spécifique des céréales trouvées par M. Passalacqua dans un tombeau égyptien, et sur le mode de préparation qu'on leur a fait subir (*ibid.*, tom. 15).

16. Sur l'hordéine et le gluten, et sur la difficulté d'isoler, par les procédés en grand, les différents principes dont se compose une farine (*ibid.*, tom. 16).

17. Recherches physiologiques sur les graisses et le tissu adipeux (*Répertoire général d'anatomie*, tom. 3, 1827).

18. Anatomie microscopique des nerfs, pour démontrer leur structure intime et l'absence des canaux contenant un fluide et pouvant, après la mort, être facilement injectés (*ibid.*, tom. 4, 1827).

19. Premier Mémoire sur la structure intime des tissus de nature animale (*ibid.*, tom. 4, 1827).

20. Second Mémoire de physiologie et de chimie microscopique, sur la structure intime des tissus de nature animale (*ibid.*, tom. 5, 1828).

21. Anatomie microscopique des flocons du chorion de l'œuf humain (*ibid.*, tome 5, 1828).

22. Expériences de chimie microscopique, ayant pour but de démontrer l'analogie qui existe entre la disposition qu'affecte la silice dans les spongilles et dans certaines éponges, et celle qu'affecte l'oxalate de chaux dans les végétaux; accompagnées de l'anatomie microscopique des spongilles (*Mémoires de la Société d'histoire naturelle de Paris*, tom. 4, 1828).

23. Nouvelles observations sur les cristaux calcaires qu'on trouve dans les tissus des végétaux vivants (*ibid.*).

24. Histoire naturelle de l'alcyonelle flu-

vialile et de tous les genres voisins, considérés, soit sous le rapport de leur organisation et de leur identité spécifique, soit sous le rapport physiologique de leurs tentacules avec les branchies des mollusques et des animalcules ou infusoires ou spermatiques (*ibid.*).

25. Notes additionnelles aux trois Mémoires précédents (*ibid.*).

26. Observations et expériences propres à démontrer que les granules, qui sortent pendant l'explosion du grain de pollen, bien loin d'être les analogues des animalcules spermatiques, comme Gleichen l'avait pensé le premier, ne sont pas même des corps organisés (*ibid.*).

27. Note sur le développement par stolons du *Conoplea cylindrica* (*ibid.*).

28. Sur les moyens, soit chimiques, soit microscopiques, qu'on a tout récemment proposés, pour reconnaître les taches de sang en médecine légale (*Journal général de médecine*, février 1828).

29. Polémique à ce sujet (*ibid.*).

30. Observations critiques sur le Mémoire de MM. Orfila et Lesueur, intitulé : « *Recherches médico-légales*, pouvant servir à déterminer, même longtemps après la mort, s'il y a eu empoisonnement, et à faire connaître la nature de la substance vénéneuse (*ibid.*, juillet 1828).

31. Partie botanique de la deuxième section du *Bulletin universel des sciences et de l'industrie*, depuis 1825 jusqu'en 1829.

32. Annales des sciences d'observation, quatre volumes, 1829 et 1830, rédigées de concert avec Saigey.

Il me paraît inutile de détailler ici la liste des mémoires originaux que j'ai publiés dans les *Annales des sciences d'observation*; le lecteur les y retrouvera facilement à l'aide des tables de matières de cet ouvrage.

33. Essai de chimie microscopique, in-8°, chez Meilhac, 1830, extrait en majeure partie des *Annales des sciences d'observation*.

34. Nouveaux coups de fouet scientifiques, in-8°, chez Meilhac, 1830, *renfermant deux discussions*, l'une sur la polémique de Cuvier et Geoffroy Saint-Hilaire, et l'autre sur un rapport académique relatif aux crialaux calcaires du *Cactus*.

35. Analyse de petits corps blancs contenus dans un kyste qui se forme au niveau de l'articulation du poignet, sur la face palmaire (*Le Lycée, journal des sciences et des sociétés savantes*, jeudi 20 octobre 1831).

36. Histoire naturelle des ammonitea, suivie de la description des ammonites des Basses-Alpes et des Cévennes (*ibid.*, 10, 13, 17, 20, 24, 27 novembre, 1er, 11 décembre 1831). (*Le Lycée* a cessé de paraître avant la complète publication de ce travail; ce journal offusqusit le conseil royal de l'instruction publique.)

37. Essai d'analyse microscopique sur le pain des prisons de Paris, par un homme qui en a mangé (*ibid.*, 4 décembre 1831).

38. Cours élémentaire d'agriculture et d'économie rurale, 3 petits vol. in-18. Chez Hachette, 1831-1832 (1).

(1) Ce Cours élémentaire, tiré à cinq mille exemplaires, est arrivé à sa deuxième édition, en dépit de tout le mauvais vouloir ministériel. Le premier traité parut en 1831 avec cette inscription : *A l'usage des écoles primaires*; il faisait partie d'une série de traités publiés par L. Hachette, pour l'instruction des élèves et des maîtres du premier degré. Plusieurs sociétés d'agriculture, et spécialement celle de Versailles, votèrent des fonds pour en distribuer de cent à cent cinquante exemplaires aux cultivateurs de leur département. Le préfet de Versailles ne s'opposa point à l'exécution de ce vote. Le dernier traité était terminé par les notions de comptabilité à l'usage des agriculteurs, et par un traité d'économie publique rédigé en forme d'aphorismes, que les journalistes des diverses opinions insérèrent en entier dans leurs feuilles. Les principes développés dans tout le cours de l'ouvrage, sur la puissance et la moralité des associations agricoles, prirent tellement racine dans le cœur des amis de l'agriculture, que, sur la fin de la session de 1832, le général Bugeaud se rendit l'interprète de cette heureuse disposition des esprits, en formulant une demande expresse auprès de la chambre, pour la formation d'associations cantonnales, qui prendraient le nom de *comices agricoles*. Ce mot, emprunté à l'une des institutions de la république romaine, et

Ouvrages parus postérieurement à la première édition.

39. Le *Réformateur*, journal quotidien des nouveaux intérêts matériels et moraux, industriels et politiques, littéraires et scientifiques; grand format. 384 numéros, du 8 octobre 1834 au 27 octobre 1835.

40. Mémoire comparatif sur l'histoire naturelle de l'insecte de la gale, 1834. In-8°, chez J.-B. Baillière.

41. Nouveau système de physiologie végétale et de botanique, accompagné d'un atlas de 60 planches; 2 vol. in-8°, chez J.-B. Baillière, 1837, paru en décembre 1836.

OBSERVATION. Presque tous les mémoires énumérés dans cette liste, et qui ont été publiés dans les divers recueils de la capitale, avaient été tirés à part, à un petit nombre d'exemplaires, pour être distribués gratis, par nous, aux personnes compétentes, à l'époque où l'Institut de France avait mission officielle d'étouffer, dans le plus profond silence, les résultats obtenus par un auteur proscrit. Or, dans un moment où tous les genres de mérite semblent ne plus s'estimer qu'*ad valorem*, il ne sera peut-être pas sans intérêt de révéler le prix que la faveur publique a attaché depuis à ces *tirages à part*. L'*Essai d'une classification générale des graminées* (n° 2 de la présente liste) et le seul *Mémoire sur l'alcyonelle* (n° 24) qui ne dépasse pas 90 pages, s'élèvent fréquemment, dans les ventes publiques de livres, à des prix que sont loin d'atteindre les ouvrages en deux ou trois volumes in-8°.

qui se trouvait cité dans l'avertissement de notre premier traité, sembla moins contraire à la syntaxe du langage monarchique, que celui d'association que nous avions employé dans tout le cours de l'ouvrage, comme n'appartenant au langage d'aucune nuance politique; *multa renascentur quæ jam cecidêre*. Le 15 décembre 1833 le ministre des travaux publics adressa une circulaire aux préfets, pour les engager à encourager la formation des *comices agricoles*. Les encouragements du pouvoir ne sont jamais que des servitudes achetées; les *comices agricoles* sont devenus un des rouages de l'administration; l'agriculture n'en a pas retiré d'autre avantage; mais enfin le principe est posé, l'application plus tard sera nécessairement plus heureuse: attendons. En 1835, le ministre s'effraya de voir circuler dans les écoles primaires un ouvrage élémentaire revêtu de notre nom; il se fit adresser, par les *conseils généraux*, des demandes pour l'adoption d'un *Cours élémentaire d'agriculture* à l'usage des écoles primaires. En 1837, la chose parut beaucoup plus urgente; nous venions de publier la deuxième édition entièrement refondue du premier traité: le ministre du commerce, Martin (du Nord), consacra une somme de 6,000 fr. à donner en prix aux six *Cours élémentaires d'agriculture* que la Société d'agriculture de Paris aurait jugés dignes de cet encouragement. Ainsi l'opinion publique a eu gain de cause, elle a forcé le pouvoir à s'occuper de l'enseignement élémentaire du grand art qui nous fait vivre: et nous applaudissons de grand cœur à ce triomphe, nous qui l'avons préparé; car nous sommes de l'école de ceux qui professent cet adage: *Périsse notre nom, plutôt qu'un principe utile aux hommes!*

AVERTISSEMENT HISTORIQUE

SUR CETTE DEUXIÈME ÉDITION.

Mon ouvrage est terminé ; le plus difficile me reste à faire : c'est de le dire au public, et de le dire sans compromettre, non pas mes intérêts (on sait bien que je ne m'arrête jamais à si peu de chose), mais les intérêts d'autrui, qui ont toujours été sacrés pour moi. A chaque phrase que je vais écrire, je devrai ne jamais perdre de vue le danger qui menace aujourd'hui une plume taillée un tant soit peu à droite, ou un tant soit peu à gauche ; malheur à la mienne, si je n'ai la précaution d'en tenir sans cesse le bec légèrement tourné vers un juste milieu. Mes lecteurs me tiendront compte, je n'en doute pas, de cette nécessité ; leur indulgence ne m'a jamais failli, je m'en suis toujours reposé sur elle, comme sur le complément obligé de ma phrase ; et c'est à eux que j'ai toujours laissé le soin du dernier mot, c'est-à-dire du mot qui rendrait le mieux la pensée, si l'on avait le droit de l'écrire.

Cependant je devrais jouir du privilége que j'accorde volontiers aux autres. Car il ne m'est jamais venu dans l'esprit de profiter de ma position, pour interdire à qui que ce soit le droit de parler de moi, comme bon lui semble ; et mes adversaires en usent assez largement. J'ai toujours professé l'opinion que la presse n'est nuisible que par ses entraves, et non par ses abus et ses écarts ; vu que, toutes les fois que chacun peut dire et répondre tout ce qu'il pense, l'antidote se trouve par le fait à côté du poison, et que, si nombreuses que puissent être les fausses allégations, la vérité, de sa nature aérienne, finit toujours par s'élever au-dessus. Ce qu'il y a de plus singulier, c'est que telle est l'opinion soutenue par tous les philosophes de la terre, de quelque religion qu'ils soient ; et pourtant, dans ce siècle éminemment philosophique, ce n'est point là l'opinion permise. C'est l'opinion des philosophes que je professe, c'est à l'opinion contraire que je vais tâcher de me conformer dans cette préface ; car la préface, même d'un livre scientifique, peut se trouver, par certains points de contact, du ressort de cette espèce d'opinion, qui n'est pas la reine du monde.

Le *Nouveau Système de chimie organique* parut en un volume in-8° en mars 1833 ; et quoique cette époque de mouvement et de perturbations générales fût peu favorable à ce genre de succès, cependant le succès de ce modeste volume dépassa toutes mes espérances. Habitué à lutter, depuis près de dix ans, contre le savoir-faire des savants en place, et à n'avancer d'un pas que pour consacrer des mois entiers à en aplanir un autre, je m'attendais de voir mon livre profiter à la science, et nullement à la réputation de son auteur ; de voir les candidats aux places vacantes y puiser des sujets nouveaux d'improvisations hebdomadaires, sans que le public se doutât, le moins du monde, de la source de cette activité. C'est ainsi depuis dix ans que les choses s'étaient passées ; et cela m'avait paru

naturel: pour qu'il en fût autrement, il m'aurait fallu faire comme ces hommes, suivre leur voie, adopter leurs idées de morale politique. Ma conscience se refusait à ces conditions; ma résignation devait accepter toutes les conséquences de mes principes de conduite; et chacun sait si ma résignation, pendant dix ans, s'est trouvée une seule fois en défaut.

Mais il paraît qu'il s'était passé dans le monde quelque chose d'extraordinaire pour moi, pendant que j'en étais absent. En même temps que mon livre sortait du magasin, il se trouva que je sortais aussi des lieux où l'on emmagasine, pour ainsi dire, les hommes, afin, dit-on, de les rendre meilleurs; je n'étais ni meilleur, ni pire (je ne suis pas de nature à changer); j'étais heureux d'avoir consacré quinze mois à la rédaction d'un livre scientifique, et de me trouver libre à l'époque si féconde en observations, au printemps, la seule saison qui fasse aimer la vie; comme l'hiver est la seule qui fasse aimer l'étude et le travail. Je cherchai une solitude bien ignorée et bien profonde; le triomphe vint m'y troubler; mon livre avait fait fortune (je me hâte de rappeler que le mot *fortune de livre*, n'est pas synonyme de *fortune d'auteur*).

Le 7 mai 1833, on me fit parvenir la lettre suivante, timbrée : *Ministère de l'instruction publique, division des sciences et des lettres.*

J'ai parlé au ministre de M. Raspail, et j'aurais besoin de le voir. Je prie M. Ba.... de vouloir bien me dire comment je dois m'y prendre? J'irai volontiers à Versailles, si M. Raspail y est encore. M. Ba.... aurait-il la bonté d'en prévenir M. Raspail, et de lui demander un rendez-vous pour moi?

Mille compliments.

Signé : Hipp. Royer-Collard.

Ce rendez-vous ne pouvait être accepté par moi, en vertu de motifs que chacun saura comprendre.

Le 19 mai suivant, une lettre analogue, adressée à la même personne, me fut communiquée; elle était conçue en ces termes :

Monsieur,

D'après l'intérêt que m'a inspiré l'ouvrage de M. Raspail, j'ai écrit et parlé à plusieurs ministres; celui de l'instruction publique en fera prendre plusieurs exemplaires. Le garde des sceaux est très-disposé à bien pour l'auteur, car il m'a donné un rendez-vous pour s'occuper particulièrement de son affaire. Il m'a dit que le gouvernement ne tenait pas à exiger avec rigueur son amende, et même qu'on serait disposé à aider M. Raspail; que ce serait une bonne action; mais qu'il était juste, en même temps, d'avoir l'assurance que l'auteur, quittant toutes ses actions politiques hostiles, rentrerait uniquement dans la carrière des sciences, si belle à parcourir pour lui. Je ne pouvais pas, au moment où M. Barthe s'exprimait ainsi, prendre l'engagement, au nom de M. Raspail, d'abandonner la guerre politique; je sais fort bien qu'on peut être rép..... par principe, sans chercher à renverser la monarchie; ainsi je ne crois pas qu'on soit maître de changer sa conviction; mais il est bien permis à l'État d'assurer aussi sa tranquillité. Au fait, M. Raspail peut sortir du malheur, en rentrant uniquement dans le giron des sciences; je serai heureux, si je puis y contribuer, parce que ses travaux d'histoire naturelle m'inspirent un intérêt sincère.

Je serai bien aise d'avoir une réponse avant mon entrevue avec M. Barthe, qui y a mis la meilleure grâce, je dois le dire. Ce n'est pas une supplication, c'est une paix à conclure sur parole d'honneur.

Salut amical.

Signé : J.-J. Virey.

Si j'avais le malheur de tenir un peu aux misérables questions du point d'honneur, je dirais que, malgré les bonnes intentions de l'auteur, sur le compte desquelles je n'élève pas le moindre doute, cette lettre me fit l'ef-

fet d'une insulte personnelle ; je ne répondis pas, et me réfugial plus profondément encore dans ma solitude.

Le 5 juillet 1833, il m'arriva directement une autre lettre, qui portait un tout autre cachet, et s'offrait à moi avec les caractères d'une tout autre bienveillance. Je la transcris textuellement :

INSTITUT DE FRANCE. — ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES.

Paris, 5 juillet 1833.

MONSIEUR,

Vos recherches microscopiques ont fait connaître la nature intime de certains points moléculaires ; elles ont mis à la portée de la Société de nouveaux matériaux, et ont ainsi créé à son profit des trésors d'une fécondité toute-puissante.

Elles ont aur moi, comme membre de la Société, une influence de gratitude et de haute estime pour leur auteur. Que je fusse resté entièrement isolé, je nourrissais pour vous, au fond de l'âme, un respect profond, comme j'en conçois pour tous les bienfaiteurs de l'humanité.

Mais la fortune a disposé de moi autrement, en me plaçant momentanément, comme président, à la tête de l'Académie des sciences ; or, je ne me trouve jamais dans une position nouvelle que je n'en étudie les circonstances, surtout celles qui me créent des devoirs.

Ma position est de donner de l'encouragement à tous les efforts heureux qui se font en faveur des sciences ; d'être, comme président, la pensée active et providentielle de tous les membres de la corporation.

Or, qui a plus de droits, monsieur, aux encouragements des savants que vous, monsieur, qui venez d'ouvrir une nouvelle voie de recherches, en trouvant des faits aussi pleins d'avenir, en créant des idées si nouvelles et si heureusement inspiratrices d'idées subséquentes !

En partant pour le midi de la France, avec une commission scientifique, je dis dans un cercle que j'eusse proposé un prix de dix mille francs pour l'invention du sulfate de quinine.... Vous êtes, monsieur, pour vos recherches et vos découvertes, qui, je crois, datent de sept ans, dans la même situation ; l'utilité de vos travaux éclate au moment même, et leur avenir d'influence est bien autrement incommensurable que cela ne me paraissait être autrefois à l'égard du sulfate de quinine.

En définitive, je pense qu'une récompense solennelle, sur la fortune laissée à la science par le philanthrope Monthyon, vous est due ; je m'en suis ouvert vis-à-vis de mes collègues intimes ; la disposition des esprits est très-favorable à mes vues.

Un point dont je vous dois l'assurance, c'est que je n'agis pas sous une direction quelconque, sous une influence de A ou de B ; je vous déclare ce fait sur l'honneur. Seul, j'ai conçu que le moment d'être juste à votre égard et de le manifester était venu. Concevoir et agir, c'est là mon fait.

Maintenant, pourquoi cette lettre ? j'aurais pu agir à votre insu, c'est vrai ; et c'eût été mieux. Mais si vous me répondez en des termes que je puisse faire valoir vis-à-vis de certains esprits revêches, vous servez mon plan de conduite.

Veuillez, monsieur, agréer l'hommage vrai et profond de ma très-haute considération.

Signé : GEOFFROY SAINT-HILAIRE,

Président de l'Académie des sciences.

Ce qui nous surprit étrangement, dans cette lettre infiniment trop flatteuse, ce n'est pas la bienveillance que nous témoignait le savant, mais bien celle que nous exprimait le président de l'Académie des sciences, au nom de sa Société. Nous n'oublierons jamais en effet la faveur avec laquelle Geoffroy Saint-Hilaire père accueillit nos premiers débuts dans la carrière de l'observation, et la manière avec laquelle il se compromit lors de notre première lecture, à l'Académie des

sciences, en quittant son fauteuil et venant prendre place auprès de l'inconnu, afin de se soustraire à l'importunité des conversations de ses collègues, et de les forcer, par son exemple, à prêter une attention que ces messieurs, d'aventure, n'accordent qu'à la lecture de leurs protégés. J'oublierai encore moins les paroles d'encouragement, et de découragement à la fois, qu'il m'adressa huit jours après, bien à l'écart, dans la salle de la bibliothèque. La révolution de juillet a avancé de quarante ans le terme assigné par le prophète au triomphe de ces vérités.

Dans ma réponse, je pris grand soin de poser cette distinction entre le savant et le président, entre la mission du cœur et la mission officielle. Avant d'entrer dans des explications à cet égard, il m'importe de faire observer que, dans tout le cours de mes travaux scientifiques et de ma carrière politique, il ne m'est pas arrivé de faire la moindre visite à Geoffroy Saint-Hilaire; notre sympathie commune s'est toujours exercée à distance; la mienne est trop compromettante pour que je veuille la témoigner de plus près. Lorsque la lettre du président de l'Académie des sciences me parvint, il y avait bien six ans que nous ne nous étions vus, et qu'il ne s'était établi le moindre rapport entre nous. Le savant, une fois mis hors de la portée de ma réponse, voici en substance ce que je répondis à l'Académie des sciences, dans la personne de son président :

« J'ai eu recours fréquemment à la publicité qu'une lecture à l'Académie des sciences est dans le cas de donner à une idée ; je profitais en cela d'un droit, pour ainsi dire, national; et je publiais mes idées ensuite dans les recueils spéciaux. Une seule fois j'ai souscrit à demander un rapport; c'est à ma première lecture; il ne m'est plus arrivé d'en demander un second : le premier, tout flatteur qu'il était, m'avait donné la mesure de la compétence des juges de cette section. Jamais il ne m'est arrivé de concourir à un sujet de prix ; il a été suffisamment démontré pourtant, même à l'Académie, qu'une de mes découvertes avait reçu une couronne sur le front d'autrui. Il n'est pas une de mes publications scientifiques qui ne m'ait suscité quelques sourds désagréments; on sait la part que Cuvier et ses adhérents ont prise à la ruine de l'une d'elles, ruine qui entraîna celle de notre avoir. Qu'aujourd'hui l'Académie pense à me décerner une réparation enveloppée dans une somme de 10,000 fr., il ne m'est pas plus permis de le refuser, que si la réparation n'avait qu'un morceau de papier pour enveloppe. Mais je déclare que j'accepterai sans condition, et sans me départir en rien de ma manière d'agir et d'écrire envers elle. Mon programme ne saurait être que celui des *Annales des sciences d'observation;* et jusqu'à ce que l'Académie se soit réformée sur des bases plus libérales, ma conscience me défendra de modifier en rien le système que j'ai suivi jusqu'ici. Moi qui n'ai point de haine dans le cœur, je ne pourrais que m'applaudir de voir les corps savants venir à moi; mais aussi moi qui professe la religion du beau et du vrai, je ne saurais aller vers eux, sans abjurer mes croyances. »

Il me fut répondu oralement, et par un intermédiaire, que ma lettre n'avait changé en rien les bonnes dispositions de l'Institut; qu'on était résolu à accorder la récompense à l'ouvrage, indépendamment des réserves prises par l'auteur. Le bruit s'en répandit dans la capitale, et les félicitations nous arrivèrent de toutes parts. Nos amis savent avec quelle insouciance nous acceptions ces témoignages : « Ils ont le pouvoir d'offrir le prix, disions-nous, mais non celui de l'accorder, ils ne l'accorderont pas. »

Et ils ne l'accordèrent pas : les journaux de l'époque ont assez clairement expliqué pourquoi(1).Il paraîtrait, en effet, que Guizot, ministre alors de l'instruction publique, aurait mandé Geoffroy Saint-Hilaire père, pour

(1) Voyez *le Messager* et *le Bon Sens* du 6 octobre 1833 ; *le National* du 20 et 22 novembre 1833, et le *Journal des Débats* du 21 novembre 1833.

avoir avec lui un entretien à cet égard ; et que le ministre éprouvant de la résistance de la part du président de l'Académie, aurait mis fin à l'entrevue en ces termes : « Au reste, que l'Académie fasse son devoir, moi je ferai le mien. » Quelques jours plus tard, j'étais arrêté comme coupable d'avoir conspiré, à la tête de cinq cents personnes, dans l'amphithéâtre du n° 11 de la rue des Fossés-Saint-Jacques. Cette victoire était criée dans les rues, en attendant le jugement. Le jugement tardait d'arriver ; l'Académie suspendit le sien ; elle reculait sa séance solennelle d'un mois, puis de quinze jours, puis d'une semaine ; puis enfin, jusqu'à ce que l'opinion publique eût perdu de vue l'événement.

Quoi qu'il en soit, la séance eut lieu, presque en même temps que le procès. La récompense fut, on le prévoit, passée sous silence ; et la décision unanime du jury mit en liberté le conspirateur pris à la tête de cinq cents hommes ; car il se trouva que ces cinq cents hommes se composaient d'une trentaine de membres de la Chambre des députés, d'un assez grand nombre d'artistes, d'écrivains de la presse périodique, de manufacturiers et de rentiers, qui s'étaient réunis à l'effet de réviser les comptes de la Société pour la liberté de la presse ; Lafayette devait présider cette réunion ; nous avions à parler au général ; nous nous étions rendu dans ce but à l'assemblée ; il n'y vint pas ; on nous pria de prendre le fauteuil à sa place ; notre crime, on le voit, est un de ceux dont bien des gens seraient fiers ; et le jury à l'unanimité fut de l'avis de ces gens-là. Je m'arrête à ce point de contact de mon sujet avec la politique.

Mais, en ce qui concerne les institutions scientifiques de France, je ne m'étais pas trompé à l'égard de l'Académie des sciences et des autres académies fondées sur les mêmes bases : ce sont des corps dépendants du pouvoir, fonctionnant par les ordres, ou avec la permission du pouvoir, et dans l'intérêt des vues du pouvoir. Le libéralisme de ceux de leurs membres, qui affichent cette opinion, est du genre de ce libéralisme anglais, dont le gouvernement tient toujours la ficelle : c'est un rôle et non une conviction ; et les plus généreux d'entre eux sont forcés d'étouffer leurs émotions et leur sympathie, crainte de ruiner, non-seulement leur avenir, mais même leur gloire passée.

Cette dépendance officielle de l'Académie des sciences est devenue une servitude depuis Fouché, qui, le premier, crut devoir porter l'influence de son système dans toutes les branches de l'administration générale, et faire pénétrer son regard dans tous les corps, même les plus élevés de l'État. Comment aurait-on pu, par un autre genre d'importunités, amener peu à peu Monge, le Monge de l'Institut d'Égypte, le Monge qui promettait sa fille en mariage au premier soldat blessé en combattant pour le pays ; comment aurait-on amené le plus populaire des savants à affubler sa gloire des oripeaux du comte de Peluze ! Ce fut dès cette époque qu'Adanson rompit toutes ses relations avec l'Académie des sciences, qu'il ferma sa porte à tous les savants, qu'il se condamna à la plus profonde solitude : Adanson avait le sens de la prévision. Ce fut alors que l'on vit le jeune Cuvier, après avoir fait le rapport le plus flatteur sur les nouvelles méthodes de dissection de Gall le phrénologue, revenir à l'Académie, à quelque temps de là, pour rétracter, sur un ordre de Napoléon, son approbation académique, et dire, point par point, le contraire de ce qu'il avait signé auparavant. Napoléon n'aimait pas les idéologues, il ne voulait que des descripteurs ; et, chose étrange, ou plutôt chose bien naturelle ! ce sont les descripteurs qui l'ont trahi et renié ; et ce sont, avec ses compagnons d'armes, les idéologues seuls qui ont vengé sa mémoire, après sa chute, eux qui avaient brisé son invincible épée, au milieu de ses grandeurs. C'est que le descripteur, si grand qu'on veuille le faire, n'est en définitive qu'un homme travaillé par l'esprit de possession, et qui court après un écu, en vertu du même mobile qui le fait courir après un caractère spécifique ; l'idéologue oublie tous les détails, et il s'oublie

lui-même le premier au milieu de tous les détails, pour conquérir une loi générale, et exprimer une vérité ; le descripteur calcule, l'idéologue raisonne.

Depuis trente ans, les rouages de l'Académie des sciences n'ont pas usé une de leurs dents : c'est le même système qui y fonctionne ; c'est le même pivot sur lequel elle tourne ; la machine a changé souvent de manivelle, mais jamais de ressort ; elle a survécu à la chute de tous ses maîtres, elle a toujours appartenu au premier occupant ; rendant les sons qu'on lui demande, étouffant ceux qui ne plaisent pas, élevant jusqu'au faîte l'individu qu'on lui désigne, fût-il un sot ; étriquant, écrasant, passant au laminoir le mérite d'un autre, fût-il un homme de génie, mais surtout s'il est un peu trop indépendant. Il y aura quatorze ans bientôt que nous l'avons jugée de la sorte ; le public semble la juger comme nous aujourd'hui ; et le gouvernement, suffisamment averti, fait mine de donner satisfaction à l'opinion publique, laquelle déclare que ce corps n'est plus en rapport avec les idées et les besoins de l'époque, qu'il n'a jamais servi de rien à la stabilité des institutions politiques, qu'il a servi de bien peu de chose aux progrès des sciences et des arts, et qu'il n'a jamais profité qu'aux savants et aux artistes, ou débiles, ou complaisants. Sur ce, l'on a flanqué les académies de *comités* nommés par ordonnance, espèces de tuteurs préposés à la surveillance de chaque section. Mais, il faut l'avouer, en jetant les yeux sur le personnel de ces institutions de nouvelle date, on se demande où sont les pupilles et où sont les tuteurs ; et, pour ne pas supposer une méprise, on est forcé de recourir à plus d'un soupçon.

Pour moi, qui, on le sait, ne suis nullement partisan de nos institutions académiques, je fais les vœux les plus ardents pour que les comités viennent se fondre dans l'Institut ; la nécessité d'une réforme radicale ne serait plus dès lors un point litigieux. Comme ces comités n'ont encore rien fait, le public serait obligé de nous croire sur parole ; reprenons donc, sans en mot dire, l'historique de cette confession.

Le succès du *Nouveau système de chimie organique* tenait à d'autres causes qu'à celles qui émanent de la faveur ou de la persécution ; la couronne qui l'attendait n'était ni la couronne académique ni celle du martyre : l'opinion publique reprenait sa propriété, car c'est à son adresse que j'avais écrit mon livre. Il fut traduit presque immédiatement en allemand, en anglais, et je crois en italien, et même en égyptien ; il se répandit jusqu'en Prusse, dont l'Académie des sciences, où siége Humboldt, a des raisons pour nous voir du même œil que l'Académie de Paris. Les médecins, qui, les premiers, l'acceptèrent avec une bienveillance marquée, entraînèrent les chimistes un peu plus récalcitrants ; les pharmaciens secondèrent les médecins ; et de toutes parts la chimie entra hardiment dans les voies de la méthode nouvelle. Les opticiens peuvent dire quelle prodigieuse activité l'apparition du livre a portée dans une des branches jusque-là la moins lucrative de leur fabrication. Le petit *microscope*, auquel la faveur publique a pris l'habitude d'accoler mon nom, quoique je n'aie eu en cela que le mérite d'en avoir vulgarisé l'usage, et d'en avoir mis la construction à la portée des bourses les plus pauvres ; ce petit instrument s'est expédié par ballots dans tous les pays du monde ; non-seulement le fabricant, mais encore les contrefacteurs n'ont jamais pu suffire depuis six ans à l'empressement des demandeurs ; et le microscope simple est devenu un nouvel objet d'exportation commerciale (433,515).

On pense bien que la même influence qui avait rendu l'Académie muette à récompenser, la rendit active à étouffer un succès qui franchissait ainsi toutes les douanes, sans commettre une seule contravention aux lois de l'État. Mais comment s'y prendre, en pareil cas ? Le seul moyen que les corps savants aient à leur disposition dans ce but, c'est de rester stationnaires, pour retarder du moins, par l'effet de la pesanteur, la rapidité de

l'idée qui marche. Les livres classiques et universitaires remplissent fort bien cette condition ; ce sont tout autant de chevilles enfoncées dans le progrès, qui l'arrêtent au cran du millésime de la publication du livre, pour un espace de temps égal à celui qui est nécessaire à l'écoulement de l'édition. Mais l'opinion publique, qui marche vite, et qui aujourd'hui marche seule et sans lisières, avait tourné et laissé bien loin en arrière ces obstacles au progrès. Force fut donc d'attaquer les nouvelles idées par d'autres moyens, par des moyens moins usés et plus directs ; car elles se glissaient partout sous un autre manteau que celui du plagiat hebdomadaire. Les journaux scientifiques paraissaient offrir toutes les conditions favorables à ce projet d'amortissement ; mais malheureusement il se trouvait que les journaux anciennement établis s'étaient déjà prononcés sur le mérite de l'ouvrage ; et la palinodie ne porte jamais bonheur à ce genre de publication. On en créa quelques nouveaux, de tout petits, emmaillottés de rose ou de jaune, pour quelques mois seulement ; les fonds destinés à l'encouragement des sciences n'étaient-ils pas là pour ces sortes d'encouragements ? l'illustre Monthyon en a déposé une forte somme à l'Institut ; les contribuables en ont déposé une non moins forte à la caisse de la division des sciences et des arts. Ces petites feuilles allèrent à peine jusqu'à deux numéros ; et elles n'ont peut-être jamais été lues par personne que moi, qui en recevais régulièrement un exemplaire ; car il paraît que c'était moi qu'on voulait convaincre, et non pas le public. L'essai ne fut pas poussé plus loin, parce que la presse périodique, toute-puissante alors d'indépendance, faisait peur à tous ces enfants perdus de la subvention.

Du reste, ces moyens d'attaque étaient certainement fort anodins ; il ne portaient rien moins que sur l'exactitude des faits, mais plutôt sur leur importance. Enfin, le pouvoir ne cherchait qu'à atténuer, par une presse à peu près clandestine, un succès auquel la presse n'avait pas contribué pour la plus petite part. Car il est un fait digne de remarque, dans l'histoire de ce livre : ce fut le *Journal des Débats*, qui l'annonça par quelques phrases d'éloge, le lendemain de son apparition ; les autres journaux ministériels gardèrent le silence ; la *Tribune* n'en a jamais ouvert la bouche ; et le *National* aurait suivi certainement cet exemple, si Saigey ne s'en était pas trouvé alors le collaborateur ; Saigey qui, à cette époque, était le seul journaliste compétent en fait de science, tant la science entrait pour peu de chose dans la rédaction des journaux politiques d'alors. (Nos savants peuvent dormir tranquilles aujourd'hui, ce bon temps est revenu pour le repos de leurs âmes.)

Tous ces fonds avaient été dépensés en pure perte ; on avisa à d'autres moyens, à des moyens plus sérieux, et qui, s'ils étaient dirigés avec méthode et conscience, ne laisseraient pas que d'amener à des résultats utiles et profitables à la science : il fut décidé que l'on reverrait un à un tous les travaux sur lesquels nous avions basé le *nouveau système*, afin de mettre en relief tous les passages où l'observation serait trouvée en défaut. Ce soin fut confié à de jeunes étudiants, sous la direction des maîtres ; mais il paraît que les maîtres n'y ont gagné que de se voir cités, au chapitre des erreurs, avec des ménagements commandés par la position des élèves ; et les élèves à être cités, par les maîtres, pour avoir vérifié l'exactitude de ce qu'on avait tant à cœur de réfuter.

Après vinrent les bouts de notes, analogues à celles dont nous avons donné une série hebdomadairement palinodique, n° 986 du 1er volume ; notes destinées à attaquer l'ennemi par un système contraire au précédent, par un système à rebours. Celui-là avait pour but de débrouiller les citations ; celui-ci d'embrouiller les découvertes ; le premier prenait pour devise d'éclairer la question ; le second semblait prendre à tâche de l'obscurcir ; l'un citait quoique abréviativement et d'une manière plus ou moins tronquée ; l'autre ne citait pas du tout, afin de se faire citer tout seul,

ai jamais on parvenait à le comprendre. Le *National* du 21 octobre 1833, à qui il était permis alors de faire de l'opposition scientifique, résuma l'une de ces séances académiques d'une manière si fantastique, que les embrouilleurs eux-mêmes s'en trouvèrent déconcertés, et retardèrent d'un mois la lecture de leurs intéressantes découvertes.

L'apparition du *Réformateur* vint ajouter un embarras de plus aux embarras déjà assez grands de la publicité académique; car l'indépendance matérielle de ce journal laissait toute latitude à l'indépendance de la rédaction, et jamais journal quotidien n'avait embrassé tant de choses dans son cadre. Les académies, avec leur cortége de membres, de candidats, de lauréats, de protecteurs et de protégés, avec leur matériel de fonds disponibles et de journaux entretenus à leurs frais ou sur leur recommandation; les académies pourtant ne se crurent pas de force à lutter de front contre une feuille rédigée sous l'influence et sous la vigilance d'un seul homme. Il est des circonstances, où ces grands chênes séculaires se mettent à ployer comme un roseau; il y aurait toute une histoire comique à faire, sur les rapports immédiats ou médiats de la plupart des personnages de cette grande scène, avec l'administration et la rédaction subalterne d'un journal, qui n'avait, pour commencer, d'autres fonds disponibles qu'une cinquantaine de mille fr.; il ne serait pas sans intérêt, pour l'histoire du siècle, de désigner tous ceux qui ont gagné des couronnes à ces sortes de missions; et il serait curieux, pour tout le monde, d'apprendre que tel individu qui nous apportait la liste des sinécures, dont se trouve passible envers l'État chaque membre de l'Institut, est un de ceux qui, plus tard, ont reçu une assez forte somme de la munificence de ces messieurs. Mais de pareilles révélations sortiraient du cadre et de la spécialité des révélations relatives au *Nouveau système de chimie organique*.

La surveillance active qui s'exerçait, par l'œil du maître, et le jour et la nuit, sur l'administration et la rédaction de cette feuille périodique, ne permit pas longtemps aux savants d'espérer qu'aucune avance pût jamais la rendre traitable et qu'aucune manœuvre pût la détourner de son but. On tenta un coup d'État scientifique; Arago en fut l'exécuteur; ce qui lui revenait de droit, pour en avoir été le solliciteur. Jusques alors, le lendemain des séances de l'Académie, les journalistes avaient la permission d'aller consulter les mémoires originaux déposés au secrétariat de l'Institut, afin d'y puiser des extraits appropriés à la nature de leurs feuilles. Mais voilà qu'un jour les rédacteurs de trois journaux se trouvèrent consignés à la porte du secrétariat par ordre d'Arago, du libéral Arago (1), du défenseur parlementaire de la liberté de la presse: ces trois journaux étaient précisément et nominativement le *National*, la *Tribune* et le *Réformateur*; les journaux de toutes les autres couleurs conservèrent, comme par le passé, leur entrée libre. Le public sera sans doute plus étonné que nous ne le fûmes de cet événement; car nous avons, par devers nous, de tout autres idées, que les abonnés des journaux, sur le libéralisme affiché par certains hommes. Le *National* et la *Tribune* reçurent le coup en silence; le *Réformateur* le révéla, et la révélation fut un contre-coup dont se ressentit toute l'Académie. De là des pourparlers et des propositions de paix: « ce n'était plus contre ces trois journaux que la mesure avait été prise, mais bien seulement contre un rédacteur des séances; et les portes des Archives se rouvriraient à tous les trois, immédiatement après l'expulsion de ce rédacteur. » Ce rédacteur, c'était SAIGEY, qui rédigeait alors à lui seul le feuilleton scientifique du *National*; en partie celui du *Réformateur* du mercredi, consacré à l'Académie des sciences, et qui, de plus, passait pour donner des conseils fort utiles, mais fort peu académiques, au rédacteur hebdomadaire du feuilleton de la *Tribune*. Le *National* et la *Tribune* acceptèrent les con-

(1) Voyez bulletin du *Réformateur*, 25 mars 1833.

ditions; le *Réformateur* les repoussa avec un sentiment de mépris, qui était moins une satisfaction donnée à l'ancienne et inaltérable amitié qui nous liait à Saigey, qu'un hommage impartial décerné à l'éminence du mérite de ce collaborateur. L'Académie ne gagna, dans ce malheureux tripotage, que d'être critiquée un jour plus tôt et d'une manière plus complète qu'auparavant; Arago y gagna, pour sa part, des révélations de Saigey, et une apostille stéréotypée tous les huit jours, en tête du compte-rendu des séances, apostille qui nous a valu, de la part de ses amis, plus de visites qu'elle ne renfermait de lettres. Il est juste de le dire, dans cette circonstance, cette mesure illibérale n'était point prise dans l'intérêt de la réputation des membres de l'Institut en masse, dont la plupart, au contraire, avaient été plus d'une fois appréciés d'après leur beau talent, mais seulement dans l'intérêt de la réputation d'Arago lui-même. C'était le dernier et heureux coup que l'homme politique comptait porter à l'existence d'un écrivain, dont la compétence le gênait encore plus que l'indépendance, et qu'il n'avait cessé de poursuivre, depuis dix ans, dans tous les journaux qui s'étaient enrichis de ses collaboration. Saigey est un de ces élèves si honorablement expulsés de l'ancienne École Normale, qui résolurent de ne vivre désormais que de leur plume ou de leurs travaux industriels; et il a tenu parole. Il est peu de membres de la section de physique et d'astronomie qui puissent se comparer à lui, sous le rapport des connaissances acquises, de la facilité d'interprétation et de la rectitude d'esprit. Le mérite d'Arago, chacun le sait, ne soutiendrait pas un instant le parallèle avec celui de Saigey; et ce dernier est déjà connu, malgré les privations dans lesquelles son indépendance l'a forcé de vivre, par trois ou quatre ouvrages, dont la centième partie aurait suffi pour forcer les portes de l'Institut. L'indépendance avec laquelle il examine les questions, n'a jamais offensé les hommes, dont le bagage scientifique est incontestable; la plupart d'entre eux n'ont jamais cessé de l'accueillir avec bienveillance; et s'il n'est pas membre de l'Institut, c'est qu'il ne l'a pas voulu, c'est qu'il a toujours préféré endosser l'habit du travailleur plutôt que rien de ce qui pourrait ressembler à une livrée. Son indépendance, il est vrai, a porté malheur à des gens qui soupiraient après le fauteuil académique; et Férussac, pour avoir osé conserver un peu trop longtemps ce collaborateur, est mort sans avoir eu le bonheur d'entrer à l'Institut, même par la section d'agriculture! Un des plus grands chefs d'accusation portés contre Saigey, ce n'était pas d'avoir souvent fait entendre que, pour l'honneur de l'astronomie française, les hommes à qui le pouvoir avait dévolu le ciel en partage, devraient au moins s'estimer heureux qu'on les condamne à résidence; ce n'était pas d'avoir trouvé tous les ans en défaut certains articles de météorologie de l'*Annuaire des Longitudes*, etc.; c'était tout simplement pour s'être plaint de ce qu'à l'Observatoire, on refusait communication du mètre en platine, qui sert d'étalon à toutes nos mesures légales; en sorte qu'il s'était vu forcé d'avoir recours à un étalon ignoré, qui se trouve déposé aux Archives du royaume, pour confronter et poinçonner, pour ainsi dire, une collection de mesures étalons destinées au gouvernement grec du roi Othon. Il paraît que ce fait, qui est notoire, cache quelque défaut de la cuirasse, qu'on a bien intérêt à tenir secret; car, on se le rappelle, c'est pour avoir réitéré, en son nom et en celui de ses officiers, un reproche analogue, que d'Urville s'est attiré une série d'articles empreints d'une colère d'assez mauvais goût, auxquels il a pris le parti de ne pas répondre; d'Urville, homme instruit, brave et intrépide marin, a opposé à toutes ces misères une réponse sublime: il marchait à la mort dans l'intérêt des sciences, dans l'intérêt de la navigation à venir; il invitait ses lecteurs à aller remercier les dieux, en montant sur son capitole. Il faut avouer que les personnalités ne pouvaient pas tomber plus à contre-temps.

Depuis cette époque, chacun a cherché à deviner le mot de l'énigme; et le bruit court qu'on l'a trouvé dans une erreur de trente mètres qui entache le calcul d'une mesure du méridien; l'auteur de ce bruit est un membre de l'Académie; cette révélation le portera sans doute à s'expliquer; car si le motif de ce refus n'était pas fondé sur quelque chose de semblable, il serait inexplicable, et mériterait d'être sans cesse signalé.

Nous sommes entré dans ces détails, qui sortent de notre spécialité, pour montrer que, dans ce petit coup d'État, les intéressés n'étaient pas les membres des sections, avec lesquels nos travaux ont plus de points de contact, qu'il n'y avait en tout cela qu'un seul intéressé, et un seul motif, qui n'était pas le motif allégué.

Nous avons dit ci-dessus que le *Réformateur* continua sa mission scientifique, sans plus de colère et sans plus de ménagement. Le secrétaire de l'Académie proposa à son corps d'élever autel contre autel, de publier un journal à son compte, de s'emparer du monopole du feuilleton hebdomadaire : « Il en est temps, disait-il : la *licence de la presse* ne connaît plus de bornes; les physiciens épouvantés conservent en portefeuille une foule de mémoires du plus haut intérêt, tant ils redoutent l'effet de la critique. » Mais, répondait-on, la publication du compte rendu des séances de l'Académie, au nom de l'Académie, n'arrêtera pas l'activité de la critique; bien au contraire, elle lui offrira l'aliment tout préparé, l'analyse toute faite; il ne lui restera plus qu'à prononcer. La chute du *Réformateur* pouvait seule permettre de réaliser ce projet; le *Réformateur* céda à des circonstances qui intéressaient à la fois sa bonne foi et sa probité; l'Académie, dès ce moment, n'eut plus de mauvais rêves. Elle publia les *comptes rendus* de ses séances hebdomadaires; et les physiciens timorés purent, à l'abri de toute contrainte, sortir de leurs portefeuilles ces éminents travaux, dont la publication devait tant contribuer à la gloire de cet illustre corps. Ce n'est pas tout; les lois de septembre ayant placé toute la presse libérale et opposante sous la férule du pouvoir, il a été facile à l'Académie de confier tous les feuilletons du mercredi à des plumes dociles et dévouées; et, depuis cette époque, les feuilletons des feuilles les plus libérales se ressemblent tellement, jusque dans les inflexions du style, qu'on dirait qu'ils leur arrivent en épreuves, de la presse des *comptes rendus*. Le feuilleton du *Courrier français* est peut-être le seul qui se distingue par un caebet d'originalité, dont le parfum élevé nous paraîtrait, à nous, plus qu'incommode. Il n'est pas possible de louer davantage; il n'est pas une note de l'Académie qui n'y trouve un commentaire des plus flatteurs; le préambule annonce des phénomènes, le résumé des prodiges; l'analyse se perd, invisible au milieu de toutes ces précautions destinées à en relever l'effet, et il n'est pas jusqu'à la forêt des moisissures, découverte dans le lait par un académicien, qui n'ait trouvé dans ce feuilleton un écho de louanges, auquel le public a répondu par un écho moins flatteur. Et pourtant tout ce concert si flatteur n'a pas pu prêter aux *comptes rendus de l'Académie*, écrits par elle-même, l'intérêt qu'on s'en était promis. Il paraît que les physiciens n'ont rien sorti de leurs portefeuilles; mais il n'en a pas été de même des médiocrités; nous avons perdu patience à dépouiller tous ces longs mémoires de physiologie, dont quelques-uns n'aboutissent à rien, et dont le plus grand nombre aboutissent à une de ces choses que, pour l'honneur du corps, on est forcé de rétracter. On en trouvera quelques échantillons dans le cours de cet ouvrage; mais vraiment nous regrettons encore le temps que nous avons perdu à ce faible dépouillement. Réminiscences, faits tronqués, illusions d'écolier, que sais-je? il n'est souvent pas jusqu'au style qui ne force la critique à laisser tout cela de côté (1).

(1) Les *Comptes rendus* étaot la proprtété de toute l'Académie, et la rédaction n'y étaot soumise à la censure d'aucun d'eux, tout ce qui émane d'un académicien y passe, avec les incor-

A la rédaction, l'Acsdémie associa l'action : fes séances nnt pris dès lors un air dramatique ; de petites surprises nnt été ménagées au puhlie ; la correspondance a menacé nn instant d'absorber tout le temps que le sablier mesure aux doctes cnmmunications acadé-miques ; la eorrespondance sons le couvert d'un étranger puissant, nu ls eorrespondance adressée, non pas à l'Acadéмie elle-mème, mais à son secrétaire ; car e'est la seule qui se lise en entier. Aujourd'hui le couvert d'une lettre est le passe-port de la vérité ; il est tant de gens qui se rappellent que le cnn. sul Manlius n'est parvenu à la postérité la plus reculée, que sons le cachet d'un délicieux vers d'Horace (1).

Les étoiles filsntes se sont rahsttues ensuite tous les huit jours sur le buresu ; d'abord elles ne voyagesient dans le ciel que par tronpeaux de myriades et au mois de novembre ; du molns e'est dans cet ordre qu'elles avaient filé nne fois sur la tête d'un astronome américain (2) ; de là enquête en France. Huit jours après l'enquête annonce qu'on en a vu en octobre ; pnis on a dépouillé les livres, et on a deviné qu'il devait en passer au mois d'août. Enfin, un témnin oculaire, encore tout tremhlant de frayeur, annonce à l'Académie qu'il vient de voir tomber un de ces *bolides* à ses propres pieds, sur le pont Roysl, à Paris, près des Tuileries ! Et il n'est pss un psyssn, du Midi surtout, qui, interrogé, dans son propre patois, par les savants compilateurs de la correspondance, ne leor eût démontré, sans slgèbre, que le phénomène des étoiles filsntes coïncide toujours avec l'élévation de température ; que jamais nn n'en voit tant sillonner la voûte des eieux, que par un jour de ehaleur étouffante ; que si le *mistral* souffle le lendemain avec son haleine de glace, les étolles cessent de filer, pour recommencer encore leur apparition nocturne, dès que la mistral abandonne l'atmosphère à ees filles vsgabondes de l'air.

Un jour, un jeune Sicilien doué d'heureuses dispositions, et dont on anrait fait un excellent élève de l'École polytechnique, on le donne en spectacle au public ; nn commenee la carrière de ses études par les illusions dangerenses d'nne précoce et faetice illustration ; et à la manière dont la pièce avsit été préparée, bien des gens crurent un instant que cet enfant était né, non pas seulement avec nne prédispositinn au talent, mais avee toutes les formules de langsge consignées dans nos livres.

Un autre jour, la représentation était su bénéfice des Chinois. Nul n'avait de l'esprit eomme les Chinois ; aucun peuple de la terre n'avait connu l'agrieulture comme le peuple chinois ; une traduetinn de leurs nuvrages était une mine inépuisable, qui allait npérer la plus heureuse révnlution dans notre pauvre agrieulture frnnçaise. Le traducteur, on le devine, est académicien, c'est le seul savant chinois de la Franee (ls concurrence viendra plus tard) ; et e'est le ministère du commerce qui faisait les frais de la traduction. Parmi les chnses les plus dignes d'attention, Biot plaçait la suivante (3) ; elle est relative à la question des mûriers ; car depuis qu'un auguste engouement s'est mis à planter des mûriers, pour élever les vers à soie dsns le Nord, chacun s'empresse de jeter pour sa part un peu d'argent dans eette mslheureuse idée. Or, d'après la traduction, les Chinois avaient découvert que, dans la mûre, il n'y avait que

rections habituelles à chaque genre d'écrire ; et l'on y trouve des phrases pour le moins aussi curieuses que celle qui suit : « On s demsndé des preuves, mais des preuves qui putssent réellement eonvaincre UN VÉRITABLE NATURALISTE, C'EST-A-DIRE, UN SINGE tué sur le rocher de Gibraltar, et soumis à la comparaison dans nos collections ; or e'est une satisfaction qu'aucun naturatiste n'a pu, même en Angleterre, avoir jusqu'à ce moment, et que nous devons solliciter par tons les moyens que nous avons à notre pouvoir. » (Blainville, *comptes rendus*, séance du 18 septembre 1837, page 453.)

(1) *O nata mecum, consule Manlio*. Od. XV, lib. III.

(2) *Comptes rendus*, 11 décembre 1837.

(3) *Journal pratique d'agriculture*, 9 mars 1838 : page 402.

les graines du milieu qui se trouvent parvenues à la plus complète maturité; les inférieures et les supérieures étant grêles et incomplètes : idée lumineuse que le premier débutant en physiologie aurait expliquée d'un mot. Biot voulut voir si, dans un épi de blé, on observerait les mêmes progressions dans la maturation des grains; et, voyez comme les Chinois sont avancés en physiologie! il se trouva que nos épis de blé présentaient exactement le même phénomène que les chatons du mûrier. Si la critique avait été représentée dans la presse actuelle, elle aurait rappelé à l'illustre académicien que cette idée date de Varron; que, chez les Romains, les grains imparfaits de la sommité de l'épi s'appelaient grains *frits;* que ces grains étaient considérés alors comme donnant naissance au seigle et à l'ivraie, ce qui doit se trouver aussi chez les Chinois; elle aurait rappelé que l'idée de Biot se trouve consignée en propres lettres, dans le *Bulletin des sciences naturelles et de géologie* du mois d'avril 1827, n. 49, pag. 59 : et enfin elle aurait invité les fonds de l'État, au lieu de nous faire traduire, à tant de frais, les écrits des Chinois qui cultivent sous un autre ciel que nous, à nous faire traduire les divers patois agricoles des provinces de France, sous la burc desquels la science théorique rencontrerait certainement des choses aussi bonnes que la science pratique.

Un autre jour, venait la forêt de moisissures dans les globules du lait (11 déc. 1837).

Un autre jour, on annonce un mémoire important d'un membre sur un sujet de chimie organique. En voici le résumé (1) : « Je me consacre depuis longtemps à l'étude analytique des corps organiques; j'ai fait beaucoup d'analyses de mon côté, pendant qu'en Allemagne Liebig en faisait du sien : il s'est trouvé que celles de Liebig étaient sans cesse en contradiction avec les miennes. De là discussion, discussion animée, et tellement animée que nous avons pris soin que le public français n'en fût pas informé. Mais nous avons reconnu la nécessité de mettre fin à une dissidence si déplorable pour la science, et nous avons tendu une main de réconciliation à l'analyse allemande; nos deux analyses ont fait la paix entre elles, en même temps que leurs auteurs; elles se sont trouvées d'accord en même temps que nous. Une nouvelle ère de vérité s'ouvre pour la science, depuis notre réconciliation; notre amitié va enlacer, comme dans un faisceau, toutes les capacités chimiques de l'Europe; dans le partage, l'Orient est échu à Liebig, l'Occident à moi; c'est vous dire que, dans quatre ans, la chimie organique sera faite, et tellement achevée qu'il ne restera plus rien à découvrir qui n'y rentre comme un cas particulier. »

Là se terminait le mémoire, que le feuilleton de la *presse périodique* enregistra le lendemain, avec le plus grand sérieux du monde.

L'autorité, jalouse de concourir à d'aussi bons résultats, ne pouvait pas manquer de créer tout exprès, à l'École de Médecine, une chaire de *chimie organique*, qui n'aurait aucun rapport avec la *chimie médicale*, laquelle se trouverait n'avoir jamais eu aucun rapport avec la chimie pharmaceutique. Là, à la suite de la formalité indispensable du concours, le membre de l'Institut a renouvelé publiquement et par écrit, que, dans quatre ans, la *chimie organique* serait parachevée; et un seul des concurrents, qui n'avait, en faveur de ses connaissances acquises, que l'appui de sa bonne foi et de sa modestie, un seul s'est mis à rire, en avouant (2) qu'à un homme qui promettait tant, il était bien juste qu'on donnât à la fois la possession exclusive de tant de chaires et de tant de laboratoires. Tenez; tout cela sue de pitié par tous les pores, et le charlatanisme a fini par étendre ses broderies sur toutes ses coutures.

Mais comment toutes ces choses ne se commettraient-elles pas impunément? La critique est étouffée; elle s'est mise aux gages, comme toutes les autres espèces de spéculations. On a pensé qu'il importait au salut de

(1) Séance du 23 octobre 1837.

(2) Baudrimont; *thèse soutenue* le 20 mars 1838, à la faculté de médecine de Paris, page 125.

l'État d'amortir autant la *presse scientifique* que la *presse politique*. Les fonds secrets à la disposition des divers ministères, et surtout de la division des sciences et des arts, ont été consacrés en grande partie à tuer l'indépendance des journaux de science, en multipliant les *journaux savants*, journaux riches de subvention, pauvres de style, plus pauvres encore de faits observés, et qui vivent sans abonnés et sans autres lecteurs que ceux à qui on les donne, jusqu'à ce que la somme votée soit épuisée par quatre ou cinq numéros. C'est là que, faute d'observations propres, se réfugient, et le plagiat, la tête haute et faisant des gorges chaudes; puis la mauvaise foi dans les citations, mauvaise foi convenue, arrêtée à l'unanimité; puis la réticence à l'œil oblique, un doigt sur la bouche, et la consigne à la main; puis, et puis, et puis enfin tous les moyens que vous devinez encore mieux que nous ne pourrions vous le faire entendre, et auxquels nous nous garderons bien de toucher; tant pour l'honneur du pays et de ce siècle, grande officine de réformations, où se préparent pour l'avenir de si belles et de grandes choses, tant, disons-nous, nous désirerions faire oublier ces moyens vergogneux, si l'on voulait se résoudre à les faire une bonne fois finir.

Que si, à la rigueur, vous pensez qu'il importe à votre sécurité de soutenir la gloire académique, par les mêmes moyens que tout autre genre de gloire; si vous croyez que, sans une vingtaine de journaux scientifiques salariés, tout le prestige de la science en habit brodé tomberait comme un masque, et que les héros s'évanouiraient; si vous croyez que de semblables héros soient, comme leurs homonymes d'un autre calibre, les soutiens les plus puissants de l'ordre établi, eux qui, depuis quarante ans, vous ont assez démontré que, dans toutes les commotions possibles, ils ne se sont soutenus qu'eux-mêmes et leurs enfants; si telle est votre conviction reconnue la main sur le cœur; oh! alors, je le conçois, vous ne sauriez trop épuiser vos bourses, pour compléter ce système de défense légitime; défendez-vous, en les défendant et en les protégeant de l'égide de cent et cent journaux à la fois. Mais aussi, par respect pour la vérité, sœur inséparable d'une sage liberté, enjoignez à la main qui travaille à cet état de ne pas ruiner toutes les entreprises rivales; permettez que la science qui ne demande rien, puisqu'elle n'a besoin de rien, ait aussi ses organes et sa propriété; permettez que les fonds qui servent à enrichir sa rivale ne servent pas du même coup à la ruiner, à la spolier; qu'il soit permis d'écrire science critique, science morale, académique, de discuter tous les points qui intéressent le cœur et l'esprit des humains, même le chapitre de la prostitution, qui est le préambule de l'article des *maladies secrètes*, sans se voir exposé à faire traîner un journal médical sur le banc de la police correctionnelle, pour avoir oublié, ainsi que l'autorité, six ans auparavant, une déclaration relative à un changement d'imprimeur (1)? Quoi! nous laissons volontiers, aux seigneurs de la science, les centaines de milliers de francs que vous jugez nécessaires et indispensables à leur représentation et au soutien de leur dignité; nous ne voyons d'aucun œil jaloux leurs livres, si mal écrits qu'ils soient, s'écouler par les bancs de l'enseignement, sous le couvert classique; nous trouvons fort naturel que, pour aller étudier un polype à soi seul, et sans crainte de contrôle, vous équipiez un vaisseau tout exprès chargé de porter l'observateur sur des parages un peu lointains; que 15,000 francs soient adjugés à celui-ci, pour aller voir pondre les poules en Allemagne et en Angleterre; que les chaires soient centralisées sous les pieds d'un seul et unique professeur, qui n'ait à apprendre qu'une leçon par jour, afin d'alimenter quatre cours de même nature; nous ne voyons pas grand inconvénient à ce que l'auditoire habitué des cours, qui ne lit jamais la science, mais qui l'é-

(1) Voy. *Gazette des hôpitaux*, nos des 22 sept.; 11 et 13 oct.; 22 nov., etc., 1836.

coute, soit fermement convaincu, à force d'entendre le même homme, à dix heures à l'École de Médecine, à deux heures au collége de France, à trois au Muséum, à quatre à la Sorbonne, que, sur chaque question, la science n'a plus qu'une seule manière de voir, qu'elle est faite et bien faite, rt que désormsis il ne reste plus rien à faire; on ne saurait payer trop cher d'ausi beaux résultats; prodiguez l'or pour préparer, soutenir et récompenser dignement ees merveilles.

Mais pourtant, s'il se trouve un certain nombre d'esprits qui ne soient pas de votre avis, et qui veuillrnt entendre autre chose; qui pensent que la vérité apparticnt à tous, et n'est point le privilége exclusif de quelques hommes; n'empêchez pas ees lecteurs d'avoir ausai une feuille qui leur convienne; laiasez aux imprimeurs toute sécurité pour l'imprimer, et à un libraire toute séeurité pour la publier. Ces feuilles ne vous demanderont pas une obole, les abonnés ne leur manqueront paa; elles ne seront que scientifiques, et elles seront de plus originales. Pour qu'ellcs réussissent, il suffit que vos moyens oceultes ne les ruinent pas. Eh bien! consentez à ne pas les ruiner; nous vous le demandons au nom de la dignité nationale qui s'alarme, et de l'état d'impuissance où se traine la publicité, et de l'égide pour ainsi dire légale, sous laquelle se mettent à l'abri tous les genres de charlatanisme, théoriques et pratiques, industriels et scientifiques, médicaux et pharmaceutiques. Croyrz-vous qu'on osât imprimer impunément que le conseil général des hôpitaux a conferé à l'un de sea protégés le droit de reconnaitre officiellement, au microscope, la qualité des nourrices de la capitale (1), s'il existait une presse selentifique indépendsnte, pour déclarer, qu'une telle galactomancie serait, dans l'état actuel de la aciénce, une imposture, si le devin ne prenait préalablement l'avis dea médecins et sages-femmes du lieu, à peu près comme l'expert, qui a grand soin d'aller flairer l'air du cabinet du juge d'instruction, avant de décider une question de médecine légale?

Les chaires richement dotées sont si souvent désertées par les profeaseurs, parce que les bancs sont désertés par les élèves. Cependant nous désirons que, pour le bonheur et le repos du posaesseur titulaire, elles soient plus amplement rétribuées eneore; nous ne demandons pas une obole de cet argent. Mais quand les élèves penseront avoir quelque chose à apprendre de nous, sur la science que nous avons eréée sans vous, ne nous empêchez pas de nous rendre à d'aussi légitimes vœux; ne nous forcez pas à ne profcsser qu'en face dc l'auditoire qu'il vous plaira de nous choisir vous-même, auditoire offieiel qni ne vient là que pour chasser les auditeurs véritables. Ne vous occupez pas plus de nous que, dans nos cours seientifiques, nous ne nous occupons de vous. Qu'il nous soit permis enfin de parler de ce que nous avons découvert, dans le lieu que nous aurons choisi, et devant un auditoire de savants et d'élèves, la *carte de leur école au chapeau*. En Allemagne, les professeurs sont libres; en France, il faut qu'ils aient pris l'habit; et eet habit ne va pas à toutes lrs épaules, et les épaules qui l'endossent ne sont pas toutrs de puissants Atlas. Aussi, quel beau pays pour la science aujourd'hui que le beau paya de Fraure!

La science y est partagée en firfa héréditaires prrsque tous coneentrées à Paris; elle y a ses joura de grande cérémonie, ses grands et petits levers, ses tournois pacifiquea, où la lance est remplacée par l'encensoir, et où ehacun s'cncense, à donner le vertige aux spectateurs. Là ces illuatres seigneurs tiennent tant à leurs quartiers, qu'ils ont fini par être tonjoura les mêmes à la lice; ils ne font que changer d'écussons, en ehangeant de champ clos. Allons-nous à l'Académie des sciences, quel est celui qui jette le gant? c'est le savant A. Nous passons à la Faculté de médecine; e'est le même savant A. Nous ren-

(1) Voyez lea journaux politiques du 10 avril 1838, et l'*Expérience* du 10 mars, page 416.

dons-nous pour entendre du nouveau à la Société d'encouragement; c'est encore le savant A, qui nous y a précédés au pas de course. A la Société d'agriculture, c'est encore le même savant A. Enfin, il n'est pas jusqu'à l'un de ces tout petits champs clos borgnes et ignorés du public, où vous ne retrouviez le même savant A ou le même savant B, brandissant la même lance, portant les mêmes coups, allant du même trot, et parant souvent jusqu'à six fois la même chute. Que dis-je? il n'est pas jusqu'aux congrès les plus lointains, où il n'arrive en poste aussi vite que vous, afin d'assister au bal des savants, et à l'embrassement général, où chacun se dit, en se serrant la main : *Je vous ai cité, monsieur;* pour qu'il lui soit répondu : *Et moi aussi, très-illustre collègue, dans ce mémoire de quelques pages que j'ai l'honneur de vous présenter.*

Les plaisirs, payés aux frais de l'État, doivent être respectés, comme tous les plaisirs du monde; mais respectez aussi la science sérieuse, qui ne danse pas, ne représente pas, qui vit des deniers qu'elle sue, s'alimente de méditations solitaires et incessantes, poursuit le vrai par amour pour le vrai, et abhorre l'intrigue comme la plus grande ennemie du vrai. Elle ne vous demande rien; ne la spoliez pas; laissez-lui son allure franche, sa démarche assurée, son langage ferme et accentué, sa phrase qui vibre quelquefois, comme un coup de fouet, à l'oreille du charlatanisme ou de l'imposture : c'est là son habit brodé à elle, et cet habit ne vous coûte rien; pourquoi chercher à le lui déchirer avec des griffes occultes? Si vous en aviez le droit, vous vous y prendriez d'une manière patente; contentez-vous donc de vos droits; ne sont-ils pas assez nombreux et assez beaux comme cela?

Vous avez le droit d'user, comme il vous semble, des fonds que les contribuables vous ont confiés pour l'encouragement, mais non pour le découragement des sciences; et nous, nous avons le droit d'adresser d'humbles remontrances à ceux qui vous en confient l'emploi. Or, voici à ce sujet ce que nous avons à leur représenter : Les académies, fondées sous l'empire d'un ordre de choses qui n'est plus, ont servi peut-être au progrès des sciences, dans le temps où elles se trouvaient en harmonie avec la marche des affaires. Les abus qui s'y glissaient n'échappaient jamais alors à une prompte réforme, parce qu'elles avaient, pour être contrôlées, cette multitude de congrégations savantes, qui se régénéraient avec la sève du peuple, et qui, toujours anciennes, n'en restaient pas moins toujours nouvelles, toujours jeunes de vigueur et d'une pieuse indépendance. Les savants, nés tout près de la charrue, apportaient en dot à l'institution qui les adoptait, cette fécondité intellectuelle que prodigue le soleil des champs, et qui, forcée de s'unir à la vertu imposée par le devoir et aux privations imposées par la règle, a produit par milliers des hommes de génie. Ces antiques institutions ont dû s'effacer devant les nouvelles mœurs, dont le progrès a doté notre belle France : on les a effacées du sol français, on a fait place nette; mais on ne les a remplacées par rien d'équivalent. L'indépendance de l'étude n'a plus d'asile nulle part; ni les corps salariés pour être savants, de contrôle et de surveillance; aussi les études languissent; les corps savants s'endorment ou ils se fâchent, et la sève française s'épuise sans résultat. Ce n'est pas à dire que l'instruction ne se répande pas dans toutes les classes de la société; bien au contraire; jamais on ne s'était plus instruit qu'aujourd'hui, et c'est là un fait qui peut seul nous consoler des circonstances actuelles; l'industrie et l'agriculture se sont imprimé depuis quelques années un mouvement, que bientôt la décrépitude de nos institutions scientifiques ne sera plus en état de suivre, et c'est par cette voie que la sève populaire, qui alimentait les congrégations, reprendra son cours. Sans aucun doute, bientôt nos institutions universitaires et académiques s'éteindront comme d'elles-mêmes et mettront les clefs sous la porte; et il n'y aura plus de savants possibles en habit brodé,

quand tout le monde sera savant dans sa spécialité; car l'habit brodé n'est pas l'habit de tout le monde. Mais cette époque sera précédée nécessairement par une époque de transition: il est en effet reconnu que nulle réforme ne saurait arriver d'une manière brusque et saccadée, parmi les générations qui se fondent les unes dans les autres. Nous touchons de plus près à cette époque; et pour la préparer autant qu'il est en nous, voici ce que nous demandons à ceux qui votent les lois et à ceux qui votent les législateurs :

1° Que toute espèce de moyen de police spéciale soit exclue de l'enseignement et de la science; l'autre police est plus que suffisante pour tous les cas de sa compétence.

2° Que l'enseignement soit libre, et sans autre juridiction que celle qui est inscrite dans les cinq Codes; qu'il soit permis d'enseigner à l'élève, dès sa plus tendre enfance, tout ce en quoi il pourra se montrer utile aux autres quelque jour; qu'on supprime sans retour tous ces vieux *us* de l'université du moyen âge, encore ébouriffée d'hermine grecque et latine; qu'on enseigne les langues anciennes à la manière des langues modernes, et les sciences avec la méthode des langues. Il est pénible de voir aujourd'hui comment l'histoire et l'histoire naturelle sont professées, par ordre de l'Université, dans nos lycées; on ne le croirait pas, si l'on n'avait assisté, par ses enfants, à ces semblants de cours.

3° Qu'un élève ne passe à une branche de l'enseignement, qu'après s'être, pour ainsi dire, identifié avec l'étude qu'il a parcourue.

4° Que l'on proscrive les récitations de livres classiques, pauvres livres s'il en fut jamais, comme tous ceux qu'on rédige sans se gêner, quand une fois on est inscrit sur la liste des auteurs que l'Université adopte. Que chacun puisse apprendre la vérité dans le livre qui la lui démontrera d'une manière plus claire : n'exigez de lui que la démonstration.

5° Mettez les bibliothèques, les collections d'histoire naturelle, les laboratoires, etc., à la disposition de tous ceux qui voudront y avoir recours, et aux heures les plus favorables de la journée; et pour cela introduisez la méthode dans les catalogues, et les catalogues où ils n'existent pas. Sans catalogue, un établissement ne sert à rien qu'au gaspillage.

6° N'introduisez une innovation, une amélioration, une permission dans l'enseignement, qu'après une enquête poursuivie par des hommes compétents librement désignés par tous les intéressés. Ne décidez du sort d'un homme et de sa destination future, que sur sa demande et par la voie d'un concours, dont les juges soient nommés par tous les hommes compétents sur cette spécialité scientifique, dans le ressort de leur juridiction, c'est-à-dire dans le ressort de la localité qui doit en profiter.

7° Remplacez par ces institutions libres et émanant du vote compétent, toutes vos académies, de quelque ordre qu'elles soient, car leur cadre n'est plus en harmonie avec les besoins de l'époque; ou bien laissez-les fonctionner comme de simples chambres consultatives placées auprès de l'autorité; comme des conseils d'État à son usage, et dont aucun des membres n'aura droit de siéger parmi vous.

8° Que la multiplicité des places soit effacée à toujours de nos usages, comme la plaie dévorante de notre époque, et l'une des causes de notre démoralisation; ou bien que l'homme dont l'activité semblera devoir suffire aux exigences de plusieurs occupations, ne reçoive pourtant que les émoluments attachés à une seule.

9° Que le médecin ne soit plus condamné, par sa position, à être un marchand de santé, ni le pharmacien un marchand de remèdes; mais que l'un et l'autre soient élevés à la dignité de magistrats civils, comme ils le sont à celle d'officiers dans le régime militaire; que l'État les rétribue par ordre de la hiérarchie, et que la hiérarchie soit l'expression du concours, mais d'un concours non

illusoire et tout à fait indépendant. Que rien ne leur soit refusé de ce qui est nécessaire à leurs études expérimentales et à leur bonheur bien entendu; mais qu'ils ne perçoivent plus un cadeau même du malade. Le contribuable en effet à qui son impôt confère le droit de respirer un air pur, et de dormir sans crainte d'être spolié, possède au même titre le droit de se faire défendre contre la maladie, qui est si souvent le fait de la société elle-même. Quelques centimes additionnels seraient plus que suffisants pour couvrir les frais nouveaux de ces engagements contractés par l'État, envers les deux classes les plus instruites et les plus dévouées de la société actuelle, et dont les membres, crainte de voir leur science condamnée à mourir de faim, se trouvent forcément réduits aujourd'hui d'en faire marchandise, au grand détriment de leurs études et de la société.

10° Pour simplifier le service, que le séjour des hôpitaux soit anobli par l'opinion publique; que les hospices deviennent non plus des égouts de la misère, mais des temples de la santé, ouverts à tous ceux qui souffrent, au riche comme au pauvre, de même que les temples de Dieu sont ouverts à tous ceux qui prient. Quand le médecin ne sera plus qu'un magistrat, et le prêtre de ces lieux, le riche ne craindra pas plus de s'y faire soigner à côté du pauvre, qu'il ne craint de comparaître devant le même tribunal civil ou religieux avec ce dernier.

11° Que nulle occupation du ressort de la médecine, de la pharmacie et de la chimie ne soit adjugée qu'en vertu du concours, et jamais sur le simple vouloir du chef d'une administration publique; que la cité nomme son conseil de salubrité, comme elle nomme ses conseillers municipaux. Que l'accusé puisse choisir ses experts légaux, comme l'instruction choisit les siens; que le débat s'établisse contradictoirement entre eux; et que les uns et les autres soient rémunérés au même taux et sur la même casette.

12° Supprimez définitivement les encouragements occultes pour les sciences et les arts. Que la chambre vote en toutes lettres, et nominativement, les encouragements scientifiques qui seront soumis à la publicité de ses discussions.

13° Laissez la science libre d'écrire tout ce qui trouvera à s'imprimer; le mauvais tombera bien vite de lui-même, et le bon ne sera arrêté par aucun mauvais vouloir. Quel meilleur juge que le public de ce qui convient à son intelligence? Jamais il ne s'est plus vendu de mauvais livres, que lorsqu'on a apporté les mêmes entraves aux bons qu'aux mauvais.

14° Qu'en attendant cette réforme radicale dans nos institutions scientifiques, on procède aux réformes de détail. Par exemple, qu'il soit défendu à un juge académicien, de connaître d'un mémoire appartenant à un auteur, avec lequel, pour nous servir des expressions propres du 8° paragraphe de l'article 378 du Code de procédure civile, *il aura bu ou mangé depuis le commencement du procès, ou dont il aura reçu des présents.* Qu'il soit interdit à un journaliste de solliciter un prix, de la commission, sur les membres de laquelle il aura publié des articles critiques ou louangeurs; défendu à un membre de l'Académie de faire un rapport quelconque sur un journaliste qui aura pu écrire pour ou contre lui; et cela en vertu des paragraphes divers de l'article précédent, qui a force de loi, partout où le jugement, de quelque ressort qu'il soit, touche, par un point ou par un autre, aux intérêts matériels, et se résout en une somme d'argent.

15° Nous omettrons ces annonces pour les journaux, qui prenaient le nom, à l'Académie des sciences, de *rapports verbaux sur un ouvrage imprimé.* Nos sévères réclamations ont obtenu, sous ce rapport, gain de cause; et une décision formelle vient d'être prise, il y a huit jours à peine, pour qu'à l'avenir cet usage soit définitivement aboli (1).

16° Mais qu'à l'égard des rapports sur les

(1) Voyez la préface qui se trouve en tête du *Manuel de l'analyse des substances organiques* de Liebig; publié chez J.-B. Baillière, 1838.

ouvrages manuscrits, rapports qui sont si souvent des annonces par anticipation, il soit enjoint au secrétaire de ne les livrer qu'avec l'apostille qui suit, sauf modification de rédaction : « Tout rapport lu en présence de l'Académie, doit être considéré comme l'expression de l'opinion particulière de l'académicien qui le signe, le seul qui ait connu du mémoire, et qui en ait analysé la substance, en présence de soixante-treize juges incompétents. » Que les journaux soient invités à substituer cette épigraphe, en tête des annonces, à celle qui jusqu'ici a si malheureusement servi l'agiotage, en ces termes : *Approuvé par l'Académie des sciences.* Ceci ne s'applique point à l'Académie de médecine, où rien ne s'approuve qu'après une longue discussion ; cependant nous désirerions encore que l'Académie eût le droit de faire insérer en entier le procès-verbal de la délibération, dans tout journal où l'annonce se serait glissée, sous le manteau de l'autorité académique, d'une manière subreptice et insidieuse. Chose singulière, comme toutes celles qui caractérisent notre époque de transition ! les plus grands charlatans de la capitale ne sont plus les médecins ; et Molière se verrait forcé aujourd'hui d'aller prendre ses *types* ailleurs. Cette admirable révolution dans les mœurs médicales est l'œuvre de la publicité et de l'association compétente ; rien de tel ne sortira jamais du mutisme officiel des Académies du palais Mazarin ; les hommes d'un mérite vrai et d'une réputation acquise refusent les uns depuis quatorze ans, et les autres depuis sept ans, de faire partie de ce corps, malgré toutes les invitations dont on les obsède. Il est des sections tellement désertées par les hommes spéciaux, qu'elles n'y sont plus représentées que par le titre, telle que la section d'agriculture, où la charrue, sur le refus de ses conducteurs, en viendra, passez-nous l'expression, à ne plus y pénétrer que par son attelage.

17° Enfin, et en glissant sur une foule de réformes de détail qu'il est plus facile de prévoir que d'exprimer en périphrase, qu'il soit établi qu'un fils, ou gendre d'un membre de l'Institut, soit pour ainsi dire dispensé du service académique, au moins du vivant de ses parents.

Nous terminons là pour le présent ; nous pressentons combien de colères, ces idées rendues avec tous les ménagements possibles, vont soulever dans le cercle des intéressés ; combien de courses nous allons nécessiter, pour conjurer l'orage et prévenir un si grand mal ! Mais nous n'avons jamais reculé, nous, devant la révélation de vérités utiles, faite la main sur la conscience, au grand jour et à notre corps défendant. Nous ne dénonçons pas les coupables, nous signalons les abus ; nous ne demandons à aucun pouvoir, pas même à celui qui *contribue*, la ruine de nos adversaires ; nous ne voulons pas qu'on enlève une bribe à leurs sinécures, une palme à leur illustration ; nous ne leur avons jamais demandé une seule chose ; nous n'avons jamais concouru à un seul prix, parce que nous avons reconnu depuis longtemps que ces programmes académiques n'avaient jamais fait naître une bonne idée (1). J'ai attaqué de front le plus grand nombre, car là le plus grand nombre est comme dans toute autre

(1) Lorsqu'on connaît avec quelle voracité nos savants se jettent sur une idée qui leur paraît bonne à exploiter, on aura peu de peine à comprendre que l'idée qu'ils déposent dans un programme, ils la garderaient pour eux, si elle leur paraissait juste ; et rien ne paraîtra plus comique que ces programmes que le pouvoir oblige les voyageurs de solliciter de la part des académies ; espèces de corbillons qu'on fait circuler devant l'auguste assemblée, en disant à chaque membre : *qu'y met-on?* Comme si la vérité pouvait être prévue d'avance ; comme si la route qui y conduit était tracée sur une carte ; et comme si les accidents de voyage pouvaient concorder le moins du monde, avec les indications données par un homme qui n'a jamais voyagé. La plupart de ces questions demanderaient dix ans de séjour au moins dans une localité, pour être résolues affirmativement ou négativement ; et l'on sait que le voyageur pourra à peine y séjourner quelques heures !

agglomération dépendante ; ce n'était certes pas avec la prétention d'aller y marquer ma place, et m'y préparer une majorité. Ceux qui me connaissent savent avec quelle fermeté j'ai toujours répondu *non* à toutes les invitations qu'on est autorisé à me faire, pour me mettre sur les rangs, à toutes les places vacantes; il y a quatorze ans que je pense comme aujourd'hui. J'ai plus d'*honneurs* qu'il ne m'en faut pour vivre; et tout ce qu'on appelle honneurs par delà ce monde, n'est rien moins qu'*honneur* à mes yeux. J'ai rendu justice à l'éminence du plus petit nombre, et il est bien petit : ce n'était pas faire la cour au plus grand nombre. J'ai bravé tous les puissants de ce corps pendant leur vie, alors que la presse, même la presse libérale, faisait fondre des caractères neufs, pour exprimer son admiration envers la moindre de leurs élucubrations, et que ces hommes étaient les dispensateurs des faveurs de l'Université et des faveurs occultes du pouvoir, dont ils avaient parcouru toute la biérarchie. J'ai dit, du temps de Cuvier, que Cuvier opposant n'aurait été qu'un descripteur ordinaire, parce qu'il aurait été forcé de décrire tout seul et sans préparateurs ; que jamais auteur d'histoire naturelle n'a eu moins de grandes idées que lui, et que jamais auteur d'histoire naturelle n'a plus protégé de fausses idées et de nullités. Orateur, ou plutôt lecteur nasillard et maussade, écrivain sans nerf et sans élévation, descripteur incomplet, et qui, sous ce rapport, a tout laissé à refaire ; rapporteur aux gages de tous les pouvoirs, qui n'approuvait et ne désapprouvait que par ordre; persécuteur occulte de tous les talents indépendants ; obséquieux jusqu'à terre, même envers un appariteur, la veille du jour où il avait besoin d'arriver jusqu'à l'antichambre ; apposant sa signature au bas de tout ce que voulait sa place, jusqu'au bas des ordonnances dirigées contre ses coreligionnaires ; voilà ce que je disais alors, et j'avais en cela au moins le mérite de l'abnégation et du courage; voilà ce que je répète aujourd'hui, que j'en vois l'image au Panthéon, à côté de Malesherbes qui resta fidèle à son roi, à côté de Manuel qui resta fidèle à sa cause. Je doute que ceux qu'il a écrasés de ses faveurs se décident aujourd'hui à prendre la plume pour venger sa mémoire. Le temps des Cuvier est passé, il faut trop dépenser pour en faire ; grâce à Dieu, le type paraît en être épuisé ; l'opinion publique, qui ne se règle plus sur l'opinion des journaux, a proscrit définitivement ce genre-là, et le gouvernement lui-même pressent la nécessité de faire droit à l'opinion publique; nous n'oserions pas, nous, crainte d'être inquiété, écrire, sur tel ou tel savant officiel, ce que les journaux ministériels impriment aujourd'hui sur leur compte. Le passage suivant emprunté textuellement à l'une de ces feuilles semi-officielles', en fera foi :

« Mais entendons-nous, il y a savant et savant ; il ne faut pas confondre le vrai savant avec le faux savant. Le vrai savant est noble et bon, comme tout homme doué d'une grande passion; la science est pour lui une amante; il ne voit qu'elle au monde, il vit pour elle, il lui a dédié sa pensée, il en est jaloux...

« Hélas ! il n'en est pas de même du faux savant ; comme il n'a que de petites passions, il n'a aussi que de petites idées ; il se fâche avant qu'on ne l'attaque, il est envieux avant le succès ; il est sans cesse sur ses gardes; il sait bien que sa réputation est usurpée, et il est toujours inquiet, comme un voleur qui a peur de voir son crime découvert. Il ressemble ainsi à ce qu'étaient autrefois les acquéreurs de *biens nationaux*, qui tremblaient toujours de voir revenir les anciens propriétaires de leurs domaines. Le vrai savant travaille nuit et jour assidûment ; le faux savant, au contraire, a de longues heures d'oisiveté ; car il attend pour travailler un peu les découvertes du vrai savant ; il les exploite et il passe sa vie à les faire valoir à son profit : il n'a de la science que l'orgueil ; et, comme tous les usurpateurs, il n'est préoccupé que du soin de se faire des droits; il intrigue pour toutes les places, il aspire à toutes les

dignités, il assiége toutes les sinécures ; il n'a pas de repos qu'il n'ait obtenu la croix ; et quand il l'a reçue, comme il est certain qu'il n'a pu l'obtenir en qualité d'officier de marine, de diplomate, d'industriel, de peintre, de musicien, de poëte, ou même de danseur à l'Opéra, il est fondé à dire qu'il l'a méritée comme savant, et cela lui sert à se prouver à lui-même qu'il est un savant. Il a besoin souvent qu'on le lui rappelle. Le faux savant ne se fait aucune illusion sur lui-même, et c'est là son malheur ; c'est ce qui le rend si méchant. C'est qu'il est une plaie profonde que la vanité même ne peut nous cacher : notre misère, et l'ignorance est la misère de l'esprit...

« Heureusement, les faux savants sont rares au Jardin des Plantes, et nous n'aurions pas peur d'eux, s'ils y étaient seuls à nous menacer ; mais nous l'avouons, ils ont là des auxiliaires dont la participation nous inquiète. »

Nous avons transcrit littéralement ce portrait, du journal qui passe pour l'interprète immédiat du ministère : ce journal, c'est *la Presse*, dans son feuilleton du 4 novembre 1837.

La réforme est donc convenue ; elle est *in petto ;* toutes les branches du pouvoir la réclament, ainsi que toutes les classes de la société. Depuis dix ans nous n'avons cessé de l'appeler de nos vœux, de la tracer de notre plume, d'en faire les frais avec notre repos et notre fortune ; quand elle arrivera, nous ne chercherons pas plus à profiter de ses bienfaits que nous n'avons consenti à vivre des abus qui l'ont motivée ; ou bien nous en profiterons au même titre que tout le monde, comme d'une amélioration morale qui fait plaisir à tous, parce qu'elle ne nuit à personne.

Voyez comme rien ne tombe à terre de tout ce qui se dit sur ce sujet ; voyez comme les chambres ont l'œil ouvert sur les révélations de ce genre ! Quelques lignes du *Nouveau système de physiologie végétale* (1) ont suffi pour qu'il soit enjoint enfin aux membres du Muséum de travailler au catalogue de cette propriété, qui, faute de cette formalité si naturelle, n'a jamais, jusqu'à ce jour, été une propriété vraiment nationale, et ne s'est jamais trouvée à l'abri de toute espèce de gaspillage.

Voyez comme une simple phrase jetée dans un *Cours élémentaire d'agriculture*, sur les bienfaits de l'association, fait naître sur tous les points du pays les *comices agricoles* (2).

Voyez comme quelques mots sur les souscriptions universitaires provoquent une décision, peu flatteuse pour MM. les membres du conseil royal de l'université, mais devenue urgente, comme d'abus ; laquelle interdit à ce corps de souscrire désormais aux ouvrages publiés par les dignitaires de l'ordre (mai 1838).

Nous ne nous dissimulons pas qu'il s'attache toujours, quoi qu'on fasse, quelque chose d'odieux à l'attaque ; on y froisse toujours quelque intérêt qu'on n'a nulle envie de blesser. Que voulez-vous ! c'est l'odieux inséparable d'une guerre, même la plus légitime. Le plus à plaindre est quelquefois précisément l'assaillant ; car, s'il ne consultait que son cœur, il jetterait là toutes ses armes. Mais la voix de l'honneur, qui est un sentiment inné, mais la voix de la conviction, qui est une religion innée, mais cette espérance du mieux pour tous, aux dépens du repos de quelques-uns, cette espérance qui cause l'ivresse et fait aimer jusqu'à la mort ; enfin un bras invisible comme une loi, irrésistible comme la nécessité, pousse certains hommes d'une trempe particulière à aller *en avant*, et sans cesse *en avant ;* et ils vont en avant, prenant le ciel à témoin et la lumière du soleil pour guide.

Et quand on pensera que, pour tenir tête à la bataille, nous n'avons depuis quinze ans qu'un petit bout de plume qui semble s'allon-

(1) Tome II, page 625.

(2) Note de la page 6.

ger d'un côté, quand on nous le rogne de l'autre; que nous nous rencontrons sur la brèche deux ou trois, et souvent seul, abandonnés ou trahis; qu'en face de nous s'élèvent des murs d'or et d'airain qu'il nous faut abattre, des associations d'hommes, la visière baissée, qu'il nous faut combattre le front nu et la face découverte, et dont pas un ne tombe qui ne soit aussitôt remplacé; on sera forcé d'avouer que nous ne nous y prenons pas en lâches, et que nous n'avons pour nous ni la supériorité des armes, ni la supériorité du terrain, et que si nous sommes forts, ce ne peut être que de la force des choses.

Nos adversaires ont pour eux la presse de bien des couleurs, la ressource des articles anonymes, celle des cours publics, celle des insinuations répandues à profusion par la voie orale et par celle des administrations. Ils vont partout où nous ne saurions les suivre; ils font quatre cents lieues sur les ailes de la subvention, cherchant des auxiliaires jusque sous les glaces du pôle, et jusque sous les torrents de feu de la zone torride. Qui pourrait croire dans combien de journaux français ou étrangers ils ont le droit officiel de diriger un coup porté dans l'ombre? Ils peuvent savoir d'avance tout ce que nous imprimons, aiguiser leurs armes d'avance, ajuster leurs coups d'avance, préparer leurs moyens de défense, diriger leurs batteries vers le point menacé; et nous trouvons, nous, que tout cela est *naturel*, que tout cela doit être, qu'il est de la nature de l'homme d'user de tous les moyens qui sont à sa disposition. Si contre tout cela nous n'avons qu'un seul moyen, qu'on nous le laisse : s'il est mauvais, il ne saurait résister à tant de coups; s'il est bon, il faut en proclamer la puissance. Nous ne répondons à aucun de leurs articles accueillis avec bienveillance par leurs journaux; nous n'avons pas de l'année usé de notre droit, pour réclamer contre tant et tant de plagiats; contre tant et tant d'altérations de textes, contre tant et tant de comptes rendus perfidement rédigés; mais que du moins il nous soit permis de dire sans entraves, dans chaque préface de nos éditions, que tout cela est coté en certains lieux; qu'importe pourvu que nous ne désignions ni les valeurs ni les titulaires? Si c'est la vérité, nous avons droit de la dire. Si cela ne le paraît pas, qu'on nous permette d'ouvrir une enquête, et les pièces officielles en main, à l'effet de le démontrer à celui des trois pouvoirs qui vote le budget.

Au reste, dans tout ce que nous avons exposé ci-dessus, relativement à la situation des études en France, nous n'avons été mû par aucune considération personnelle, par aucun espoir qui se rapporte à nous, par aucun sentiment de vengeance et de haine particulière. Le sage en toute question ne voit les hommes, que comme le chimiste évalue les atomes : dans leurs masses et non dans leurs unités; un persécuteur, un jaloux, un ennemi n'est pour lui qu'une anomalie, dont il tient compte seulement dans le calcul. Nous n'avons d'autre ami que le vrai; l'amitié d'ici-bas serait sans doute pour nous une consolation bien douce; mais quand on ne peut prétendre qu'à des amitiés onéreuses pour sa propre conscience, ou dangereuses pour le repos d'autrui, on doit préférer vivre sans autres amis que tout le monde. Nous n'avons en perspective que les masses, et avant tout notre patrie, que nous aimons, comme on aime sa nourrice, fût-elle une marâtre; c'est notre France, dont nous avons respiré l'air et la lumière; elle admirable dans sa gloire, noble et intéressante jusque dans ses humiliations, et qui n'a qu'à verser une larme, pour inspirer, même aux mécontents, un amour qui va jusqu'au délire, un enthousiasme qui entraîne à la mort, afin de la faire respecter. Nous avons perdu le droit de nous occuper de ses douleurs politiques; mais nulle loi ne nous interdit de parler de ses institutions scientifiques, de leurs entraves, de leurs abus, de leur démoralisation. Nous avons abordé ce sujet, comme on touche à une plaie, avec un sentiment invincible de dégoût, mais avec la volonté d'y porter remède.

Digitized by Google

Les pères de famille nous absoudront de la forme, en faveur de l'intention. Nous voudrions que leurs enfants pussent recevoir une instruction large et non emmaillottée; que la vérité leur fût livrée comme elle vient de Dieu, seule et sans alliage, et sans simarre surtout, puisque Dieu l'a faite toute nue, et belle de sa seule nudité; nous souhaitons que leurs études ne soient jamais détournées du but par le machiavélisme des coteries; qu'elles soient aussi morales que fortes, aussi complètes que libres; car il n'est pas d'immoralité qui ne soit un mensonge, il n'est pas d'entrave qui ne soit une terreur; nous demandons qu'au sortir des bancs, ils trouvent des juges un bandeau sur les yeux et la main sur la conscience, pour prononcer sur la destination qui convient à leur capacité et à leur spécialité; et des juges en grand nombre, et des juges dont le vote ne soit pas au bout d'une ficelle qu'un pouvoir quelconque ferait mouvoir. Nous demandons que le concours nomme les juges du concours, afin qu'aucune espèce de lettre de cachet ne soit dans le cas de motiver le choix aux chaires et aux places vacantes; que le vrai enfin soit proclamé le seul régulateur de la conduite des hommes appelés à professer le vrai. Il est certaines roueries professorales et scadémiques, voyez-vous, qui ne sont plus de notre siècle, et qu'on ne peut plus se permettre, quand on est enfant du pays. Le jour où elles cesseront, nous promettons de ne plus parler morale, en nous occupant de science; jusque-là nos livres ne pourraient se dispenser de toucher à la première, pour la préserver des trahisons de la seconde. Quant aux institutions, aux mœurs, aux religions des autres pays, nous déclarons que notre intention n'a jamais été de diriger contre elles la moindre des allusions de notre ouvrage; nous ne parlons que de ce que nous connaissons; nous supposons normal tout ce qu'il ne nous est pas donné de connaître; nous respectons tout ce qui fait le bonheur ou la gloire d'autrui; et nous ne nous immisçons jamais dans les affaires des autres. Si nos voisins nous consultaient, nous aurions droit de répondre; mais notre droit actuel est attaché au titre de citoyen de notre pays, et pour le moment nous le sommes encore; nous avons usé de notre droit, dans les limites de notre droit; nous permettons aux mille journaux de l'État d'user des leurs par représailles: nous laissons une latitude illimitée sous ce rapport à leur critique et même à leur silence, qui peut avoir le mérite d'une critique à leurs yeux.

20 mai 1838.

COUP D'ŒIL ANALYTIQUE

SUR LE PLAN ADOPTÉ DANS CETTE DEUXIÈME ÉDITION.

A l'époque de la rédaction de notre première édition, ni l'éditeur ni l'auteur ne pouvaient s'attendre au succès qu'a obtenu la publication du *Nouveau système de chimie organique :* nous dûmes nous restreindre à l'étendue d'un seul volume. Le cadre d'un ouvrage longurment médité se prête facilement à tous les formats; mais il n'en est pas de même du développement des idées; les idées n'ont jamais l'élasticité et la compressibilité d'un tableau synoptique. Aussi bien des parties de l'ouvrage durent se réduire à leur plus simple énoncé. C'était assez pour les hommes de l'art et les lecteurs bienveillants, c'était trop peu pour le plus grand nombre. Nous avons eu nos coudées plus franches, dans la rédaction de cette nouvelle édition. Trois volumes de près de huit cents pages chacun, et un atlas, nous donnent plus que la permission d'annoncer qu'elle a été entièrement refondue. Le système est absolument le même; les chapitres seuls ont été augmentés, non-seulement par des développements d'idées, mais même par une masse telle de faits nouveaux, que, sous ce rapport, l'ouvrage pourrait être considéré, non comme une seconde édition, mais comme un nouvel ouvrage. Nos lecteurs prendront bien, en effet, que pendant le laps de temps qui s'est écoulé depuis 1833, nous n'avons pas interrompu le cours des études qui seules font, en tout temps et en tout lieu, le charme de notre vie. Nous espérons donc que notre deuxième édition sera dans le cas de pousser encore plus au progrès que n'avait fait la première. Quant à celle-ci, les chimistes surtout qui ont intérêt à ne pas en parler, seraient en état de dire la révolution que ces idées saisies avec avidité par le public, ont opérée dans les laboratoires, dans la rédaction des petites notes, des longs mémoires, et des livres destinés à l'enseignement. Le titre lui-même est devenu celui d'une science tellement distincte, ayant tellement une méthode propre, un but spécial et des lignes de démarcation distinctes, qu'il fallut en demembrer l'enseignement de celui de la *Chimie médicale et pharmaceutique,* et créer une chaire exprès, sous le titre de *Chaire de chimie organique.* La *Chimie microscopique* d'un autre côté commence à se glisser dans tous les enseignements; il n'est pas un professeur de médecine, de chimie appliquée aux arts, de science commerciale et économique, qui ne se soit mis au courant des procédés que nous avons depuis longtemps publiés, et qui ne s'occupe de la structure intime des tissus, dans les questions de la dimension même la plus grande. L'intrigue, qui est toujours aux aguets des nouvelles découvertes, pour les exploiter au profit de sa nullité, l'intrigue s'est ruée sur cette veine de publicité, comme elle se rue sur tout ce qui peut mener à la fortune, sans mise de fonds, du côté du temps et du talent; nous n'aurions pas émis cette réflexion, si elle ne nous avait pas paru nécessaire, afin de prémunir le public contre la roncrie de l'observation, qui se fie sur ce que peu de gens seront dans le cas de la contrôler tout de suite. Ce n'est pas sans un certain mouvement d'humeur que nous lisons quelquefois, quand le hasard nous l'amène, l'un de ces articles insérés à l'insu du rédacteur principal ou à la faveur de son incompétence . et dans lequel

l'intrigue glisse son éloge, que lui paye ensuite le pouvoir à beaux drniers comptants, ou par quelque pitoyable sinécure médicale, telle que la nomination de médrcin, dans un lieu où il n'est permis d'entrer que bien portant, et d'où on n'a pas le temps de sortir malade. Il est rationnel que le pouvoir cherche à faire ouhlier certains auteurs, que la nature n'a pas façonnés à ses goûts; il n'est pas juste que les intérêts de la vérité en souffrent, car ces intérêts sont ceux du publie. Si ces annonces scandaleuses, sur des résultats impossibles, continuaient leur jeu, nous serions dans la triste nécessité de nous expliqurr d'une manière plus explicite. Nous en aurions déjà trop dit, si nous ne consultions que le dégoût que nous inspirent ces infiniment petites charlatanerles. Le microscope a été définitivement introduit dans le laboratoire et l'amphithéâtre; mais ce serait ruiner d'avance tout ce que la scirnce a droit d'en attendre, que de promettre ce qu'il ne saurait tenir; et si nous avions le malheur de voir l'incurie des administrations permettre qu'on en invoque le témoignage, dans les investigations qui intéressent la santé ou la vie des hommes, nous éprouverions autant de regret d'avoir doté notre pays de cette nouvelle methode, que le docteur Guillotin dut en éprouver, d'avoir mis à la disposition de la vindicte publique, le malheureux instrument qui porte son nom; car nous sommrs sûr qu'entre certaines mains, le mieroscope finirait par devenir mille fois plus souvent homicide, c'est-à-dire mille fois plus souvent le compliee d'une injuste mort.

Dans l'ouvrage que nous venons d'élever à la science, nous avons pris soin de nous ahstenir de la moindre excursion dans la juridiction du pouvoir temporel. Nous avons écrit comme si nous n'appartenions à aucun siècle, et que tous les âges fussent nos contemporains. Nous n'avons vu devant nous ni dignités, ni misèrrs, ni castes, ni conditions, ni amis, ni ennemis, ni victimes, ni persécuteurs, ni pauvreté, ni fortune; aceidents éphrmères d'une ause qui est en drhors de nous; nous n'avons vu que des êtres, œuvres de la même loi, et, parmi ces êtres, plus spécialement ceux que cette lol nous a donnés pour frères, même ceux qu'un instant de vertige tient encore dans une fausse voie. Pour le mal qu'on nous fait en science, nous n'avons pas l'honneur d'un sacrifice en le pardonnant; il se réduit à fort peu de ehose et nous nous en sommes rarement aperçu. Quant au mal que l'on fait au progrès, nons nous sommes peut-être montré un peu inexorable dans le cours de la rédaction, et notre plume y a eédé à certains mouvements d'impatience. Mais comment se défendre de ces sortes d'impressions, quand on se voit condamué à dépouiller un fatras de vraies bévues, de grosses et belles bévues, qui vous arrivent sous le frontispice superbement endimanché des *arcana naturæ!* D'autres s'indigneraient : nous en avons ri, et nous défions la gravité la plus magistrale de ne pas en rire avec nous; or une mauvaise plaisanterie qui fait rire est à demi pardonnée; et nous espérons qu'en lisant la suite, notre pardon sera complet.

Dans le eadre général de l'ouvrage, il existe deux parties entièrement neuves : la première et la dernière. Dans la première, nous avons chrrehé à fournir à nos lecteurs tous les renselgnements qui suffisent à l'étude chimique des corps, en grand et sur des petites quantités. Après avoir décrit les instruments du lahoratoire et de l'amphithéâtre, et lrs instruments adaptés à de plus petites proportions, après avoir transporté, selon l'expression que nos travaux ont rendue elassique, le laboratoire snr le porte-objet du microscope, nous avons eu soin de fournir à la logique une méthode propre à évaluer les phénomènes et à Interpréter les résultats. Cette partie est ainsi le développement, accompagné de figures, des leçons publiques qu'on ne nous a pas toujonrs empêché d'exposer, sur le nouvel art d'observer et de manipuler au microscope. On y trouvrra la description d'un nouvel instrument de ce genre, accompsgnée de figures

détaillées, dessinées avec le plus grand soin sur l'instrument lui-même.

La quatrième et dernière partie nous semble appelée à d'aussi heureuses destinées que le nouveau système lui-même; c'est une clef de voûte, où toutes les sciences envoient un arceau; et, comme toutes les clefs de voûte, elle tient peu de place et se réduit à de très-faibles dimensions. Nous ne saurions exprimer l'indicible impression que produisit sur notre esprit la première apparition d'une explication, d'où nous voyions successivement découler tant de choses, avec le secours de si peu d'expressions. Il est possible que cette impression soit un jour communicative et que nos lecteurs n'en soient pas à l'abri; mais ce qui nous paraît certain, c'est que la science en retirera quelques avantages, et que notre pressentiment n'aura pas été la simple illusion d'une jouissance intellectuelle. L'unité de la nature nous paraît être cachée quelque part par là.

C'est dans ces dispositions d'esprit que nous livrons notre livre, avec confiance au public, sans crainte à la critique, et qu'après une année tout entière consacrée presque nuit et jour à la publication, nous déposons la plume, pour nous remettre à l'étude et au travail.

NOUVEAU SYSTÈME

DE

CHIMIE ORGANIQUE.

NOTIONS PRÉLIMINAIRES.

LA SCIENCE, UNE SCIENCE (*).

1. Dans la spontanéité de la langue vulgaire, le philosophe remarque un je ne sais quel pressentiment de la vérité, qui fait qu'à l'instant où une démonstration se révèle, le mot qui s'adapte le mieux à la nouvelle définition se trouve être précisément le mot le plus communément employé. De là vient que les expressions d'une langue quelconque, expressions créées toutes d'inspiration et comme du premier jet, souvent incomplètes et vagues, ne sont jamais absurdes ou impliquant contradiction, et jamais réellement impropres; avantage que n'offrent pas toujours, on nous l'accordera facilement, les expressions si péniblement élaborées par les lettrés, au moyen des radicaux d'une langue morte. Or, l'idée que le vulgaire semble s'être faite de nos études, en employant les mots LA SCIENCE en général, et LES SCIENCES en particulier, est diamétralement opposée à celle que nos savants semblent avoir conçue, sans trop s'en rendre raison, et dont l'organisation de toutes nos institutions scientifiques est la formule et l'application la plus fidèle; et en ceci, comme en beaucoup d'autres choses, n'en déplaise aux savants titrés, ce sont les ignorants qui ont raison. En considérant cette multitude de cadres, que nos institutions ont tracés aux diverses professions scientifiques, ce nombre infini de buts éparpillés dans le domaine de l'intelligence que se proposent d'atteindre les innombrables rivalités, on serait tenté de croire que la nature est moins une unité qu'une espèce de mosaïque, dont chaque compartiment renfermerait une loi, et dont chaque loi enfanterait un nouveau règne, qui n'aurait d'autre rapport avec le règne voisin qu'un point de contact dans l'espace. Divinité multiforme, la nature aurait un théâtre plutôt qu'un temple; et, sur le seuil de ce sanctuaire à tiroir, elle dirait aux visiteurs : « A quelle nature désirez-vous parler? à la nature chimiste, ou à la nature naturaliste? ou à la nature chirurgicale et médicale? ou à la nature pharmaceutique? ou bien, enfin, à l'astronome, à la physicienne, à la géographe? » Et, selon la réponse de l'adepte, elle irait prendre une autre robe et changer de décoration; puis elle distribuerait des cartes d'entrée et ensuite des diplômes de couleur différente, selon les demandes; elle assignerait des fonctions et des rangs, elle conférerait des grades; elle imposerait des devoirs et accorderait des droits, de manière à pouvoir couronner tous les genres d'intrigue, et satisfaire tous les genres de capacité.

2. Ce n'est point ici une allégorie; c'est la traduction la plus fidèle du plan actuel de nos études, ou plutôt du programme que les siècles de la scolastique ont transmis sans interruption à notre époque, qui s'est bien gardée de déroger à ce genre d'illustration. Nous avons des Instituts divisés en compartiments, dans chaque case desquels viennent se serrer cinq à six doctes, qui ne touchent

(*) Dans tout le cours de cet ouvrage, les chiffres entre parenthèses renvoient aux alinéa.

leurs voisins que par les coudes, et qui se gardent bien de s'aboucher avec eux. Si l'un d'eux venait à entrevoir une vérité qui ne soit pas de sa classe, cette vérité n'en serait pas une, elle manquerait de lettres de naturalisation. Il y a à peine dix ans que le zoologiste n'aurait pas osé aller chercher un rapport dans le règne de la botanique, que le botaniste se serait bien gardé de relever la tête jusqu'à jeter les yeux dans le règne zoologique, et que l'un et l'autre se seraient empressés de renvoyer au chimiste une idée qui aurait eu besoin de passer au creuset; et encore aujourd'hui, la vieille habitude reprend son empire, car le cadre de nos institutions n'a pas été réformé à mesure que les idées se sont rectifiées. Cela tient surtout à ce que ces divers compartiments sont des professions, que ces professions sont des métiers, et que les empiétements sont, de la sorte, des spoliations et des atteintes portées à la propriété. Avisez-vous encore aujourd'hui de trouver une vérité pharmaceutique sans être pharmacien titré, ou une vérité médicale sans avoir passé vos examens et soutenu une thèse, et votre vérité sera arrêtée au passage comme un objet de contrebande; que si elle vient à franchir l'obstacle, elle ne se montrera certainement au grand jour qu'après avoir pris la livrée d'une capacité titrée; alors seulement elle se trouvera légitimée et de bon aloi; elle aura cours sur la place savante.

3. Si nous avons l'air de faire, en tout ceci, une mauvaise plaisanterie, qu'on ne s'en prenne pas à nous, mais à la tournure vraiment plaisante du sujet qui passe sous notre plume; nous ne sommes que des fidèles traducteurs. N'avons-nous pas vu certaines découvertes présentées à la sanction de la plus savante académie du monde (pour parler le langage académique), ballottées d'une section à une autre, la section de botanique prétendant que le fait soumis à son examen était de la physiologie, la fraction physiologique assurant que c'était de la chimie, la section de chimie se retranchant sur ce que l'objet était du règne végétal, et que, pour le trouver, il fallait avoir recours à l'anatomie; en sorte qu'en définitive il ne restait plus à la découverte que de s'adresser à l'opinion publique, vu que cette vérité n'était du ressort d'aucune science en habit brodé. Il est juste de faire observer que, dès que la vérité se trouve reconnue par l'opinion publique, chaque section se hâte d'en prendre un lambeau pour son compte et sa propriété; le puits de la vérité ne saurait être que dans le domaine de la science, la science n'est que là où se trouvent les savants, la vérité ne peut être assimilée qu'à un trésor enfoui sur leurs terres et qui leur revient en toute propriété, même lorsqu'il aurait été trouvé par un autre (*).

4. Eh bien! le peuple, avec sa raison innée et sa prescience instinctive, a connu la nature mieux que nos savants de profession; dans sa langue, il a admis les sciences, pour désigner les diverses applications de notre esprit à des objets déterminés, comme tout autant de recherches spéciales dans les coins d'un champ que notre vue ne saurait embrasser dans son ensemble; mais en même temps, et comme correctif à l'inexactitude forcée de ce mot de convention, sa langue a admis l'expression générale et abstraite de *la science*, tout immense comme la nature par rapport à nous, mais simple en lui-même; grande unité qui n'est susceptible d'être mesurée que successivement et par ses diverses faces, et qui, dans l'état actuel de nos connaissances, ne saurait prendre un caractère distinct et recevoir une dénomination spéciale que dans les détails; loi féconde, qui ne nous semble multiple qu'en changeant d'objet; toujours la même alors qu'elle nous semble offrir les plus grandes différences; soit qu'elle fasse mouvoir les planètes autour du soleil, le soleil autour d'autres mondes; soit qu'elle attire les molécules de silice autour d'un centre d'agglutination; soit qu'elle associe le carbone et l'eau en organes, et les organes en individus; étincelle créatrice qui rayonne, en se subdivisant, par d'innombrables et d'incessantes dichotomies, dont nous nous contentons de noter çà et là les rameaux, faute de pouvoir les suivre, en remontant jusqu'à leur point de départ, jusqu'à leur unité; et de ces subdivisions nous nous empressons de faire autant de lois générales, que nous emprisonnons dans tout autant de temples particuliers: lois astronomiques dans l'observatoire, lois chimiques dans le laboratoire, forces vitales dans l'amphithéâtre de dissection, lois intellectuelles à la Sorbonne, lois dynamiques dans la chaudière à vapeur; parce que, faibles mortels, là où est notre trésor, là est toute notre âme; que nous ne concevons pas qu'elle ait droit d'être ailleurs, et qu'elle ait été créée du même souffle que telle autre.

5. Quant à nous, nous proclamons, en débutant, le renversement de toutes ces classifications, qui donnent à la science les allures d'un vaste budget, où tout s'estime au marc le franc, où tout se dis-

(*) Ce qui est contre l'esprit de la loi romaine, reproduite par l'art. 716 du Code civil, qui veut que la moitié, dans ce cas, en revienne à celui qui le trouve.

Digitized by Google

tribue comme dans un cadastre, et se numérote avec le nom du premier occupant, selon la loi qui préside aux délimitations des domaines; nous proclamons que la science qui s'impose des limites est une fausse science, et d'autant plus fausse qu'elle approche le plus de ces limites de convention; nous soutenons que le plus sot n'est pas le plus ignare, mais le plus exclusif; que l'ignorant est dans le cas, en se laissant guider par sa raison, d'introduire des vérités nouvelles, soit en théorie, soit en pratique, et de faire faire un pas de plus à la science, tandis que l'exclusif, alors même qu'il saurait tous les détails de la science qui rentre dans ses attributions, n'est capable que d'en arrêter la marche ou de la faire rétrograder.

6. Nous posons en principe l'unité de la science; tout en reconnaissant la nécessité de l'étudier successivement par ses diverses faces, nous ne perdrons jamais de vue que nulle étude ne saurait être féconde, si elle s'isole à toujours des autres dès son point de départ, et si l'esprit, se laissant absorber exclusivement par le point qu'il fixe, ne dirige, de temps à autre, son observation vers le foyer commun, où doit se trouver le secret de toutes les anomalies, et la solution de toutes les difficultés qui blessent nos regards.

C'est là que tes lois qui se prêtent si bien aux nombreuses et variables divisions de nos livres, se repliant pour ainsi dire les unes sur les autres, n'apparaîtront plus que comme des phénomènes d'une seule et unique loi; et que notre conception, s'enrichissant de tout ce dont s'appauvrira la mémoire, pourra embrasser l'infini du point de vue de l'unité. Il n'y aura alors qu'une seule et unique SCIENCE, et les titres inscrits en tête de chacun des embranchements de l'arbre encyclopédique actuel ne seront conservés que comme les monuments historiques de la marche progressive de l'entendement humain.

Nous sommes peut-être plus près de cette époque qu'on ne le pense; peut-être il n'existe entre elle et la nôtre qu'un simple mur de séparation, qui n'attend, pour tomber, que d'être ébranlé par une seule parole.

7. Quoi qu'il en soit, et tout en respectant provisoirement les délimitations scolastiques, comme des divisions qui rendent le travail plus facile en le partageant; tout en nous consacrant spécialement les uns à l'astronomie, les autres à la physique, ceux-ci à la chimie, ceux-là à la physiologie, d'autres enfin à l'étude théorique et pratique du corps humain; tout en nous distribuant enfin les lots du domaine des sciences, ne cessons jamais d'avoir présent à l'esprit le point où elles convergent toutes, c'est-à-dire la source d'où elles émanent, LA SCIENCE, qui est unique comme la nature. Toute voie que vous suivrez en détournant les yeux à droite ou à gauche de ce but, vous mènera à l'absurde.

8. Les SCIENCES sont tout autant de moyens d'investigation: la SCIENCE en est le problème; les SCIENCES sont des appareils dont la SCIENCE est le mobile.

9. Non pas qu'avant de commencer la moindre investigation, force soit à nous de posséder par cœur et mot à mot toutes les sciences, telles qu'elles se trouvent actuellement formulées dans nos livres; la vie d'un seul homme ne suffirait pas à réunir, sous ce rapport, le savoir de tant d'hommes en particulier. Mais, en s'adonnant exclusivement à l'une des branches des connaissances humaines, il faut préalablement s'être, pour ainsi dire, orienté dans chacune des autres, de manière à pouvoir découvrir les analogies du phénomène que l'on étudie avec les divers phénomènes étudiés par d'autres avant nous, ou avec le même phénomène envisagé ailleurs sous un autre rapport; il est plus que jamais indispensable de savoir un peu de tout, pour arriver à bien connaître une seule chose; car n'étudier un objet que par une face, c'est ne lui en supposer aucune autre, ce qui est absurde, ou c'est n'attacher de l'importance qu'à une seule, ce qui est inconséquent.

10. Nous avons inscrit ce principe, qui résume toute la méthode, en tête d'un livre où nous nous proposons de ne traiter qu'une minime fraction de nos connaissances, décidé que nous sommes à en faire la plus large application; nous nous adressons à des lecteurs que nous avons habitués, de longue main, au scandale d'une pareille audace. Que le savoir titré crie aux barbares et à la loi agraire, notre invasion est légitimée; l'opinion publique nous a absous. Nous ferons donc un appel à toutes les sciences, dans le but d'expliquer les phénomènes d'une seule; et, si quelque chose trahit nos efforts, qu'on n'en accuse ni notre hardiesse ni notre patience, mais seulement notre position.

LA CHIMIE.

11. La chimie est la science qui a, 1° pour objet analytique, de reconnaître et le nombre des éléments qui entrent dans la composition d'un corps, et le mode selon lequel ils y sont associés; 2° pour objet synthétique, d'énumérer les éléments qui

existent dans la nature, et de formuler la théorie de leurs innombrables combinaisons. Un corps élémentaire est celui aux molécules duquel s'arrête la puissance de décomposition que nous possédons dans l'état actuel de la science. Dans la liste de ces corps élémentaires ou corps simples, nous devons voir des limites que nous ne saurions franchir actuellement; mais seulement des limites et non le terme de l'investigation. Jusqu'aux grandes découvertes de Priestley et Lavoisier, il était tout aussi rationnel de considérer l'eau et l'air comme des éléments, qu'il l'est aujourd'hui de donner le même titre aux cinquante-quatre corps simples de la liste arrêtée en la présente année.

12. Dans l'application, il s'en faut de beaucoup que la chimie trouve en elle-même toutes les ressources nécessaires à ses investigations; il n'est pas, au contraire, une seule opération, si peu compliquée qu'on la suppose, pour laquelle elle ne se voie forcée de faire d'assez nombreuses excursions dans le domaine des sciences qui se proposent un tout autre objet. Elle emprunte à la physique les moyens d'évaluer l'intensité de la chaleur absorbée ou dégagée, la densité, le volume, la polarité, les caractères extérieurs des corps; à la cristallographie son goniomètre, à la géologie ses gisements, à la géographie ses renseignements, à la physiologie ses expériences, à l'anatomie son scalpel, à l'astronomie elle-même ses analogies. Elle manipule, si je puis m'exprimer ainsi, pour toutes les autres sciences; mais aussi elle s'éclaire au flambeau de toutes à la fois.

13. Dans le cours de toutes ces investigations, le chimiste a, en quelque sorte, quatre conditions à remplir : il opère et manipule; il raisonne et classe les résultats de l'opération; il cherche à découvrir et la loi d'où ils découlent, et enfin les rapports de cette loi avec les lois diverses qui régissent notre univers.

14. Nous venons de tracer les grandes divisions du présent ouvrage; il aura quatre parties principales :

Dans la première, nous décrirons les appareils et les manipulations, nous indiquerons les procédés, nous en évaluerons les avantages et les inconvénients. (CHIMIA EXPÉRIMENTALE.)

Dans la deuxième, nous soumettrons à l'épreuve du raisonnement les phénomènes des opérations; nous tracerons la marche de la méthode qui nous paraît la plus capable d'imprimer une impulsion féconde à la science d'aujourd'hui, et nous en ferons l'application immédiate à chaque corps en particulier. (STATÉNA ou CHIMIA DESCRIPTIVE.)

Dans la troisième, nous aurons recours à l'induction, pour arriver jusqu'à la profondeur de la loi générale qui préside à la filiation de tous ces phénomènes. (THÉORIE ou CHIMIA RATIONNELLE ET CONJECTURALE.)

Dans la quatrième enfin, agrandissant le cercle de l'induction, et franchissant les limites des études spéciales, nous examinerons les rapports des phénomènes chimiques avec ceux de la vie universelle; nous essayerons d'en entrevoir l'identité, à travers le voile dont la faiblesse de notre organisation recouvre notre vue; cherchant en cela à surprendre ce nous le secret dont nous sommes les œuvres, persuadés que la loi commune, dont nous sommes les enfants, ne doit pas être loin de nous-mêmes, et que, si la nature est un immense cercle, chaque chose se trouve au bout d'un égal rayon. (ANALOGIA ou CHIMIA GÉNÉRALE.)

Audaces fortuna juvat.

PREMIÈRE PARTIE.

MANIPULATIONS OU CHIMIE EXPÉRIMENTALE.

15. On doit entendre par le mot de *manipulation* (*) cette période de l'observation, qui réclame spécialement le concours d'un travail mécanique, et qui semble se réduire à la simple opération des mains. L'intelligence, qui devine l'existence ou soupçonne la possibilité d'un phénomène, a besoin, pour le mettre en évidence, de l'isoler des autres phénomènes déjà appréciés, dont le nombre serait capable de le soustraire à notre vue, en se confondant avec lui; elle cherche à réaliser ce résultat par la combinaison des appareils que l'expérience acquise a déjà mis à sa disposition, ou elle en crée de nouveaux. La manipulation n'est donc pas seulement une opération manuelle et presque anatomique; elle a ses analogies, de même que l'observation; ses calculs, de même que l'expérience; son génie, de même que l'induction; et souvent un appareil construit avec art est toute une découverte.

16. L'art du manipulateur consiste principalement à prévoir tous les accidents; à tenir compte de toutes les circonstances; à ne faire entrer, dans la construction d'un appareil, que les pièces et les dimensions strictement nécessaires; à n'opérer que sur des quantités suffisantes; à supprimer enfin tout ce qui est de trop et tout ce qui est inutile, la durée d'une expérience étant en raison directe des masses employées, et la précision des résultats étant en raison inverse de la complication des appareils. On ne doit pas s'appliquer à opérer vite, mais à opérer juste; il n'y a pas d'essor qui mène aussi rapidement que la méthode. Lorsque la manipulation a d'avance calculé, disposé, évalué, coordonné, l'expérience n'a plus qu'une étincelle à mettre pour obtenir un résultat; et, dans ce sens, il est vrai de dire que celui qui a commencé a déjà fait la moitié de l'ouvrage.

17. Le manipulateur ne doit pas consacrer son temps à construire des instruments qu'il peut trouver à meilleur marché dans le commerce; mais aussi, lorsque sa fortune lui refuse les moyens de se les procurer, ou que les instruments ordinaires ne s'adaptent pas aux procédés qu'une idée nouvelle vient de lui indiquer, il ne doit point se décourager, en n'ayant recours qu'à lui-même; la patience de l'esprit fait jaillir d'un rien quelque chose; *elle sait faire un trou avec une scie, et scier avec une vrille*, selon l'expression de Francklin. Que de fois, après avoir maudit sa pauvreté, et désespéré, faute d'argent, du succès d'une tentative, n'est-il pas arrivé à l'homme de travail de concevoir un appareil préférable, par sa simplicité, aux appareils plus riches, et dont une obole acquittait le prix! *Aurea paupertas!*

18. L'ordre que suit la manipulation est subordonné à celui que s'impose l'expérience spéciale dans la marche de ses investigations; mais il tourne dans un cercle tracé d'avance par la nature de la science, dans les attributions de laquelle est posé le problème à résoudre. Le but de la chimie étant d'isoler les substances élémentaires, qui rentrent dans la structure d'un corps, le nombre et la nature des manipulations sont déterminés par le nombre et la nature des procédés que l'expérience a mis à notre disposition, soit pour obtenir séparément un corps quelconque d'une masse donnée, soit afin d'éliminer, de l'étude à laquelle nous devons le soumettre, les diverses circonstances qui sont étrangères à son individualité. Pour arriver à ces résultats, la chimie divise mécanique-

(*) *Manipulare*, barbarisme des alchimistes, qui dérive de *manipulus*, tout faisceau que l'on peut saisir de la main, et transporter çà et là.

Digitized by Google

ment, dissout, évalue approximativement par les réactions réciproques, distille, précipita, élimine ou décompose par le feu, et, enfin, confirme par la démonstration calculée ou raisonnée; pour exécuter chacune de ces opérations principales, elle fait usage de procédés divers et emploie des instruments et des ustensiles de diverses formes et de diverses dimensions, selon les quantités de substances qu'elle soumet à son analyse théorique ou les quantités de produits qu'elle se propose d'obtenir dans l'intérêt du laboratoire. Elle opère en grand, et elle opère en petit; et, en fait de procédés en petit, elle n'a d'autres limites que celles de notre vue; elle sait alors établir son laboratoire sur la table du cabinet, que dis-je, sur le porte-objet du microscope, n'ayant d'autre fourneau qu'une lampe à esprit-de-vin, d'autre alambic qu'un tube de verre, d'autre réeipient qu'un verre de montre, et elle arrive souvent à de grands résultats avec ces appareils microscopiques.

19. Nous partagerons, en conséquence, cette première partie en deux sections, l'une consacrée aux opéaations en grand, et l'autre aux opéaations an petit; et chacune d'elles en huit chapitres destinés à développer les procédés et à décrire les instruments que réclament les huit opérations principales de la chimie, plus haut énumérées : *division mécanique, solution, évaluation approximative, précipitation, élimination, distillation, décomposition, démonstration.*

20. Quoique, dans cette première partie, nous n'ayons pas à nous prononcer sur la division des règnes de la nature, et que nous procédions comme si la chimie était une et identique en tout, cependant, en décrivant les procédés et les instruments, nous devrons nous appesantir plus spécialement sur ceux qui rentrent dans les attributions du présent ouvrage, dans le domaine de la chimia organique.

PREMIÈRE SECTION.

OPÉRATIONS EN GRAND.

21. La chimie opère en grand dans les *hauts fourneaux*, dans les *mines*, dans les *manufactures*, dans les *ateliers* et dans le *laboratoire*. Et ici nous entendons par chimie la science qui raisonne ses procédés, combine une expérience, calcule les résultats, évalue les rapports, et coordonne enfin toutes ses opérations en système. Car l'économie industrielle, agricole et domestique, fait aussi de la chimie, mais sans le savoir.

22. Les dimensions du *laboratoire*, qui est l'usine de la science, varient depuis la voûte de l'amphithéâtre jusqu'à l'espace d'un modeste cabinet. Ici la table de la cheminée peut servir de paillasse, une petite hotte en tôle porte les vapeurs dans le tuyau de la cheminée, par une ouverture que l'on pratique dans le manteau; un fourneau mobile suffit à toutes les expériences. Chacun ensuite doit modifier son appareil selon ses besoins et ses ressources.

CHAPITRE PREMIER.

DIVISION MÉCANIQUE.

23. La première opération d'une expérience chimique consiste à dépouiller le corps soumis à l'examen, de toutes les substances qui sont susceptibles d'en être séparées par des moyens mécaniques; dans une expérience où l'on se propose d'isoler une substance de celles qui lui sont associées, il serait absurde de ne pas commencer par l'isoler de celles qui ne font que lui adhérer plus ou moins fortement.

24. On lave le corps d'abord à l'eau commune, lorsque l'agitation de l'eau suffit pour détacher les impuretés insolubles de sa surface; ensuite à l'eau distillée, lorsque ces impuretés sont solubles et qu'on se propose d'étudier le corps à l'état de la plus grande pureté. On réitère les lavages, jusqu'à ce que l'eau n'enlève plus rien d'appréciable à la vue ou aux réactifs. On aiguise l'eau de lavage avec un acide (acide nitrique surtout), avec un alcali ou tout autre réactif capable de dissoudre la substance étrangère, sans attaquer le corps que l'on a en vue d'observer. On a recours à l'action de la brosse, lorsque l'adhérence des deux substances résiste aux moyens précédents.

La poussière, la fumée avec ses sels et son huile empyreumatique, les exhalaisons avec leurs sels ammoniacaux, recouvrent tout ce qui gît, vit ou végète au contact de l'air; la terre s'incruste sur la surface d'un minéral extrait du sol ou de la racine des plantes, et pénètre assez avant dans les inégalités plus ou moins profondes de la surface: dans ce dernier cas, il est nécessaire de râper, limer, écroser, tailler, couper, et de vérifier à la loupe le résultat de tant de soins.

25. Une fois le corps obtenu à l'état de la plus grande pureté qu'il est possible d'atteindre par la voie mécanique, on s'applique à le morceler et le diviser aussi menu que le permettront et le temps et les instruments dont on peut disposer, afin de multiplier les points de contact du corps avec les réactifs, en multipliant ses surfaces, et d'opérer ainsi sur une plus grande masse dans un temps donné. On se sert, selon les circonstances, des appareils suivants:

1° Cisailles. Gros ciseaux à manches de tenaille, à lames épaisses et courtes, destinés à couper par fragments les lames ou les cylindres d'un métal.

2° Sarpette. Couteau à lame courbe en dedans, destiné à trancher nettement une tige d'un faible diamètre, sans altérer la partie vivante que l'on désire ménager.

3° Sécateur. Espèce de cisaille propre à couper les grosses tiges, en ménageant le bourgeon qui se trouve immédiatement au-dessous de la tranche. Cet instrument ingénieux ne diffère de la cisaille qu'en ce qu'une de ses branches est aplatie

et se courbe par le plat, de manière à embrasser la tige sur une certaine longueur, et que la lame sécante est ovale, en sorte que le tranchant vient s'adapter, après avoir décrit sa révolution, sur la concavité de la branche courbe. On a soin de donner pour point d'appui, à la branche courbe, la portion de la tige en face de laquelle se trouve le bourgeon qu'on désire ne pas endommager, en sorte que la pression exercée par le tranchant se porte ainsi sur la portion de la tige opposée.

4° Scia. Lame dont le tranchant est divisé en dents aiguës égales, qui affectent divers angles et diverses directions; elle se place au bout d'un simple manche, ou est tendue, en se fixant par ses deux bouts, dans des traverses en bois que l'on fait pivoter sur un montant, par la torsion d'une corde qui s'attache à leurs deux extrémités opposées à la lame.

5° Les HACHE-PAILLE et les COUPE-RACINES sont des instruments indispensables dans les expériences industrielles, mais que l'on remplace par l'action du couteau à la main, dans les expériences du laboratoire. Ce sont des instruments qui servent à diviser, aussi menu que possible, et dans le moins de temps, les tiges et les racines que l'on se propose de faire macérer. Le mérite de ces sortes d'instruments ne consiste pas tant dans la célérité des résultats que dans la finesse et l'exiguïté des tranches obtenues. Leur but étant de mettre à nu la plus grande masse d'organes presque tous microscopiques, un instrument de ce genre, qui fonctionnerait avec le double de finesse et avec le double de la lenteur d'un autre, pourrait être considéré, en dernier résultat, comme fonctionnant cent fois plus vite que celui-ci.

6° Sous ce dernier point de vue, aucun instrument n'est supérieur à la râpe, espèce de crible en tôle ou en fer-blanc, aux grands trous duquel on laisse toutes les bavures produites par l'emporte-pièce; ce sont ces aspérités ou bavures qui font l'office des dents d'une scie et qui déchirent les organes de manière à mettre à nu leur contenu. On donne à la feuille de tôle la forme d'un demi-cylindre, dont on fixe les bords sur une planchette; et, pour les opérations en grand, on en forme des cylindres que l'on fait tourner sur leur axe. L'action de la presse ne saurait jamais reproduire les résultats de la râpe; la pression mêle plus intimement les substances hétérogènes que ne fait la râpe, et elle emprisonne pour ainsi dire, par le tassement, la substance que la dent de la râpe met à nu. Il appartient à l'analomiste et au physiologiste d'éclairer, dans chaque opération, l'industriel, sur la préférence de l'un ou de l'autre mode de division mécanique.

7° Les substances dont la dureté résiste à la puissance de la pression ou à la dent de la râpe, on les divise par l'action de la lime ou par le choc d'un instrument contondant.

La LIME est une tige, un carrelet, une lame aplatie ou plano-convexe d'acier très-dur, dont la surface est couverte de dents de diverses formes, de diverses dimensions et diversement espacées. On nomme râpes les LIMES dont les dents ont les plus grandes dimensions; QUEUES DE RAT, les limes rondes et en cônes allongés; TROIS-QUARTS, les limes triangulaires; LIMES DEMI-RONDES, les limes à une surface plane et une surface convexe. Les limes rondes servent spécialement à trouer les bouchons, pour donner passage ou aux tubes de verre ou au goulot des allonges et cornues; les trois-quarts servent à couper les fils métalliques ou les tubes de verre, au moyen d'une entaille.

8° APPAREILS DE PULVÉRISATION. On moud les substances organiques trop dures ou trop exiguës pour être râpées. On broie les substances inorganiques qu'il serait trop long de réduire en poudre par la lime.

La MEULE est une roue horizontale en pierre, qui broie les substances, en tournant sur son axe à une plus ou moins grande distance d'une autre roue immobile, qu'on appelle *meule dormante*.

Les instruments contondants employés dans les usines varient de forme et de dimension, autant que l'exigent les besoins de la manipulation.

Dans les laboratoires, on remplace l'un et l'autre genre d'appareils par les MOLETTES, les MARTEAUX et les MORTIERS.

9° La MOLETTE est un cône de marbre que l'on promène à la main par sa base, sur une table de marbre, dont la surface est recouverte de la poudre sèche ou humide que l'on désire broyer, pourvu qu'elle soit moins dure que le marbre et non susceptible de l'attaquer; on ne broie jamais à la molette une substance acide.

10° Le MARTEAU, employé fréquemment dans le laboratoire, est un instrument indispensable dans les excursions minéralogiques. Il se termine d'un côté par une tête plate, et de l'autre par une pointe: l'une et l'autre en excellent acier. On en fabrique avec des manches en fer creux, dans l'intérieur desquels se loge un ciseau. La *pointe* sert à creuser, le *ciseau* à détacher, la *tête* à pulvériser.

11° Pour éviter la perte de substance, que le choc des instruments contondants tend toujours à éparpiller, on emploie les MORTIERS. Le mortier

est un instrument pulvérisateur, dont la molette est un *pilon*, et la table un vase creusé en segment de sphère. Les uns servent à *piler;* les autres, d'une substance trop fragile, servent à *broyer*. Les premiers sont en fonte, *mortier* et *pilon*, ou bien le *mortier* en marbre et le *pilon* en bois, et sont employés aux pulvérisations grossières, mais seulement dans les ateliers. Les autres instruments de ce genre sont en *verre* (pl. 1, fig. 28), en *porcelaine*, en *agate* (fig. 29) ou en *porphyre*. Les mortiers en verre et en porcelaine sont les moins chers, mais aussi ils sont plus fragiles et plus altérables; il est peu de substances qui ne les rayent pas; cependant ils suffisent à la pulvérisation de toutes les substances qui se laissent entamer par le couteau, des sels en général et des substances organiques; le pilon (*p*) en est arrondi en un segment de sphère d'un moindre diamètre que celle sur laquelle a été moulé le fond du mortier; l'extrémité contondante en est presque sphérique; cette forme prévient les chocs trop brusques contre les parois du mortier; l'anse qui forme le pourtour du vase est munie d'une rigole (*r*) qui sert à verser les liquides, sans s'exposer à déborder; dans les laboratoires de cabinet, on doit préférer ceux de la plus petite dimension. Les mortiers en *porphyre* sont susceptibles de s'écailler; ceux en *serpentine*, attaquables par les acides et rayés par les cristaux, ne servent bien qu'aux mixtures pharmaceutiques. Les mortiers en *agate* (fig. 29), au contraire, sont indispensables, lorsqu'il s'agit de broyer des minéraux; on les prend en général de très-petite dimension, parce que, sous cette forme, ils suffisent aux analyses exactes et coûtent moins cher. Le *pilon* et le fond de ces mortiers sont corrodés sur le même segment de sphère, et les parois internes forment un angle obtus avec le fond; le pilon broie ainsi la substance par un mouvement circulaire. On recouvre quelquefois les mortiers d'une peau ou d'une toile, que l'on fixe d'un côté autour de l'anse du vase, et de l'autre au manche du pilon, afin de prévenir les pertes de substance.

CHAPITRE II.

SOLUTION ET DISSOLUTION.

26. Les liquides ont la propriété de diviser, par leur simple contact, certains corps, en s'en associant, pour ainsi dire, jusqu'aux dernières molécules. Cette association intime est une espèce d'assimilation, qui ajoute à la densité du dissolvant sans presque rien changer, en apparence, à la fluidité du liquide. Tous les corps de nature solide à une basse température deviennent liquides à une température plus ou moins élevée. Nous donnons le nom de liquéfaction au passage de l'état solide à l'état liquide. Nous appelons *liquides* ceux dont la liquéfaction a lieu à la température atmosphérique, et *fusibles* ceux dont la liquéfaction n'a lieu qu'à une température plus élevée. Tout corps en fusion est capable d'opérer une solution. La solution des métaux les uns dans les autres se nomme *alliage*, lorsque par le refroidissement la masse a repris la forme solide.

27. Il suit de là que toute solution qui ternit la limpidité du dissolvant, qui en rend l'aspect louche et laiteux, indique une suspension de molécules divisées, mais non dissoutes, plutôt qu'une réelle dissolution; aussi, au moindre repos ou à un certain degré de refroidissement, il s'opère un précipité, et le dissolvant reprend son aspect limpide et diaphane. L'emploi du microscope est éminemment propre à constater le fait avant toute espèce de précipitation; on distingue, en effet, les molécules suspendues dans le liquide, avec les formes qui caractérisent les corps solides, que nous voyons flotter, à l'œil nu, à la surface de l'eau ou de tout autre liquide. Mais la puissance grossissante du microscope a ses limites comme la puissance de la vue simple; il doit exister des molécules si petites qu'elles échappent autant à ce moyen d'investigation qu'à l'autre. L'analogie doit suppléer dans ce cas à nos appareils, et nous indiquer une suspension dans toute coloration dont les molécules échappent au microscope. Tout ce qui trouble en effet la transparence d'un liquide incolore, ne s'est certainement pas assimilé à lui.

Le *dissolvant* prend encore le nom de *menstrue*.

28. On a cherché à établir après coup une distinction entre les deux expressions dont la langue se sert, pour exprimer l'union intime de la substance dissoute avec le dissolvant : entre le *solution* et la *dissolution*. D'après quelques auteurs, par *solution*, on désignerait l'association de deux liquides qui ne changent point de nature en s'unissant; et par le mot de *dissolution*, l'association de deux liquides qui, en s'unissant, changent de nature ou de propriété. Cette distinction ne serait que nominale; car, dans ce dernier

cas, la dissolution en réalité prendrait la signification de combinaison. Cependant il existe entre ces deux mots la différence qui existe entre les divers synonymes d'une langue ; et si l'on veut faire une liste des phrases dans lesquelles l'une et l'autre expression s'emploient de préférence, on ne manquera pas de reconnaître leurs rapports, et l'on trouvera que le mot *solution* indique l'opération, l'acte de dissoudre, et le mot *dissolution* le résultat de l'opération, l'état nouveau et fixe de deux corps dissous l'un dans l'autre. On *opère* ou on *tente* une solution, on *tient* en dissolution ou on *évapore* une dissolution.

Cette définition nous dispensera donc d'admettre les expressions *solutum*, *dissolutum*, *soluté*, que l'on a cherché à introduire dans le langage pharmaceutique, expressions vides de sens, si les deux autres en ont un positif, entachées de barbarie, comme toutes celles qui résultent de la combinaison des mots d'une langue morte avec les adjectifs ou les articles d'une langue vivante. Pour distinguer la substance dissoute de son dissolvant, nous nous servirons des mots *substance* dans le premier cas, et de *menstrue* dans le second ; pour désigner leur association liquide, nous emploierons le mot de *dissolution* : dans une *dissolution alcoolique de résine*, l'alcool sera le *menstrue* ou le *dissolvant*, et la résine sera la *substance* ; nous en opérerons la *solution* à *froid* ou à *chaud*, selon que nous abandonnerons la résine à l'action de l'alcool pendant un temps plus ou moins prolongé, à la température ordinaire, ou que nous accélérerons la marche de l'opération, en soumettant le tout à l'action d'une chaleur plus ou moins élevée, mais incapable de désorganiser la *substance* et son *dissolvant*. Par le mot de substances *solubles*, on désigne les substances solides susceptibles de se dissoudre dans une substance liquide qui prend alors le nom de menstrue. Les *solutions* s'opèrent par divers procédés et à diverses températures, selon la nature et la propriété des *menstrues* et de la *substance soluble*.

29. Imprégnation. L'imprégnation est une dissolution dont le *menstrue* n'est pour ainsi dire que l'accessoire, et dont la *substance* forme le principal ; elle ne semble avoir pour but que d'introduire, dans les pores de la substance, autant de menstrue qu'elle en peut contenir sans changer de structure et d'aspect. On imprègne un sel d'une nouvelle quantité du gaz qui forme son acide ; on imprègne un liquide de gaz et un solide de liquide ; on imprègne un morceau de sucre avec de l'éther, de l'alcool, l'ammoniaque étendu d'eau, ou l'eau pure ; on transforme les carbonates en bi-carbonates en faisant circuler autour du sel les vapeurs du gaz acide carbonique. L'*imprégnation* dispense de la *solution*, et fournit immédiatement les effets de la *condensation* d'une dissolution.

29 *bis*. Macération (la) est une dissolution qu'on obtient, en laissant séjourner, pendant un temps donné, une substance, principalement les substances organisées, dans un liquide capable de servir de menstrue à l'un au moins des corps élémentaires qu'elle recèle dans la structure de ses tissus.

30. Digestion (la) est une macération qui a lieu à une température intermédiaire entre 30° et le point d'ébullition du menstrue.

31. Infusion (l') est une macération de quelques minutes, obtenue en versant, sur la substance, le menstrue bouillant, et laissant reposer. Le *thé* qu'on nous sert est une *infusion* aqueuse.

32. Décoction (la) est une macération de substances animales ou végétales, obtenue à l'aide de leur ébullition plus ou moins prolongée dans l'eau, selon que la substance est plus ou moins soluble.

Toutes ces expressions s'emploient également pour désigner l'opération et la résultat obtenu. On fait et l'on administre une *infusion*, une *décoction*.

33. La théorie de ces diverses opérations est basée sur la structure anatomique de la substance avec laquelle on opère. En effet, les substances animales et végétales, en quelque région de l'individu qu'on les prenne, se composent en dernière analyse de vésicules imperforées que le scalpel ne saurait aborder, et de portions tubulaires de vaisseaux qu'il ne saurait pourfendre à volonté. Les principes solubles sont emprisonnés hermétiquement dans chacune de ces vésicules imperforées, ou séjournent mécaniquement dans les fragments presque capillaires des vaisseaux béants. Les parois ou membranes élémentaires des vésicules sont susceptibles d'être déchirées par la râpe, d'être divisées par le couteau, ou de se désagréger par l'effet d'une lente et intestine élaboration spontanée que l'on désigne sous le nom de *fermentation*. Mais la râpe et les lames tranchantes n'en atteignent que quelques-unes et en épargnent le plus grand nombre ; le broiement ne les déchirerait toutes qu'en les tassant ; la pression reproduirait d'un côté les difficultés qu'elle lèverait de l'autre ; elle emprisonnerait, dans des grumeaux, la substance soluble que d'abord elle aurait exprimée de

la cellule microscopique. La fermentation ne briserait les parois emprisonnantes qu'en ajoutant de nouveaux produits à la substance emprisonnée, produits dont la théorie est aussi impuissante que la manipulation à faire la part, dans l'état actuel de la science. L'élévation continue de la température s'oppose à la fermentation, déchire les parois en dilatant la substance incluse dans les vésicules, isole la substance et en opère la dissolution complète, en tenant les parois béantes par l'action du liquide en mouvement. Dans la *macération* à froid on reproduit ce dernier effet, en agitant la vase à la main, en remuant la masse dans le liquide avec une spatule non attaquable par la substance ou le menstrue, ou mieux avec une baguette de verre ; mais on n'agit même alors que sur les cellules déchirées par la râpe ou divisées par le couteau, et les autres restent inabordables et ne cèdent rien ou presque rien à la macération.

34. Si l'on désire donc raisonner chacune de ces opérations, il sera nécessaire de les faire précéder par l'étude de la structure anatomique de la substance que l'on se propose de leur soumettre; étude dont l'application ne date pas de fort loin, et qui cependant ne laisse pas que d'avoir déjà fait faire quelques pas de plus à la science organique. Il faudra, par des essais préliminaires, avoir reconnu la forme des organes élémentaires et la nature de leur contenu, la région que ceux de même nature occupent, et le genre d'obstacles mécaniques que leur structure est dans le cas d'opposer à l'opération. C'est là le seul moyen d'apprécier les avantages que la macération peut avoir sur la décoction, et la décoction sur l'infusion; et de parvenir à modifier, en connaissance de cause et sans empirisme, les procédés si souvent routiniers de la manipulation.

35. Il est deux circonstances, dont on a signalé les effets dans quelques opérations de détail, mais dont on a négligé l'importance dans le plus grand nombre de cas, et dont on n'a jamais systématisé la valeur ; on sera peut-être surpris, comme d'une prétention outrecuidante, lorsqu'on m'entendra dire que ces deux circonstances sont l'influence respective de l'air et de la lumière ; cependant rien n'est plus vrai que mon assertion, et bien des dissidences que l'on observe entre les observateurs ne proviennent que de ces deux causes.

36. La lumière imprime à l'action intestine d'une substance organisée une tout autre direction que l'influence des ténèbres ; car les effets de la lumière et des ténèbres sur un organe sont les fractions de l'effet général des mêmes agents sur l'individu (*). Divisez une macération en deux parts, dans deux vases égaux en capacité et bouchés de la même manière ; laissez-les pendant le même espace de temps, l'un exposé à la lumière, et l'autre aux ténèbres, et vous obtiendrez dans l'un des résultats diamétralement opposés à ceux que vous donnera l'autre. La matière verte abondera dans le premier, et les moisissures incolores dans le second ; les produits acides, résineux et saccharins dans le premier, les produits ammoniacaux, albumineux, mucilagineux et glutineux dans le second ; l'odeur du premier sera normale, et l'autre en général fétide, etc. ; et ces effets varieront autant que l'intensité de la lumière et des ténèbres, et autant que la température. Tel principe alcalin et en apparence immédiat qui se manifestera ou cristallisera dans une pièce constamment obscure, ne donnera pas le moindre signe d'existence dans un endroit constamment éclairé. Les effets lenticulaires de certaines formes de vases en verre, et de certains défauts du verre, seront aussi dans le cas d'ajouter aux variations de ces résultats.

37. L'air atmosphérique réagit sur une substance animale ou végétale imprégnée ou dissoute, même alors qu'on croit en avoir purgé tout le vase dans lequel on opère la macération. Car les substances organisées ont aspiré, pendant leur état de vie, dans le réseau pseudo-vasculaire des interstices de leurs vésicules, une quantité plus ou moins considérable d'air, qui y reste emprisonné après la mort, par l'obturation des bouches des interstices, ainsi que par la puissance inerte de la capillarité. Il ne faudrait donc pas croire que l'on a chassé tout l'air du vase, après en avoir rempli la capacité de menstrue jusqu'au goulot, ou même après avoir soumis quelques instants le liquide à l'ébullition.

38. L'action de la machine pneumatique seule est dans le cas de fournir à cet égard un résultat, sur la réalité duquel on n'ait plus le moindre doute à conserver ; mais il faut procéder de manière que la substance ne traverse pas de nouveau l'air, avant de se plonger dans le liquide. A cet effet, on place sous le récipient le vase contenant le menstrue, et au-dessus on suspend la substance organique par un fil dont l'extrémité libre se fixe avec de la cire à la voûte du récipient ; on pousse le vide aussi loin que le permet la construction de la machine ; à l'aide d'une lentille d'un foyer analogue, on concentre ensuite les rayons solaires

(*) Voyez *Nouveau système de Physiologie végétale et de botanique*, § 1258.

sur un point quelconque de la longueur du fil, qui prend feu en un instant et laisse tomber la substance dans le menstrue ; on ramène l'air sous le récipient avec rapidité, l'on se hâte d'achever de remplir le vase de menstrue jusqu'au goulot, et l'on bouche hermétiquement.

39. Ce qui reste d'insoluble après ces diverses opérations prend le nom de *pulpe* ou *marc;* le mélange que le menstrue a enlevé au *marc*, se nomme *extrait*. La richesse de l'*extrait* dépend de la quantité de *menstrue* et du temps qu'a duré l'opération. On épuise le *marc*, non pas de toute la masse des principes qu'il recèle dans ses vésicules, mais de celle que les menstrues sont capables de lui enlever par les procédés grossiers de nos manipulations, en soumettant la substance à plusieurs macérations successives dans de nouvelles quantités de menstrues, jusqu'à ce que les dernières portions paraissent ne pas avoir dissous des quantités appréciables de substance ; on jette alors le marc sur un filtre ou sous la presse, et l'on recueille le liquide qui en découle jusqu'à la dernière goutte, si l'on a pour but d'évaluer en poids les rapports des substances, c'est-à-dire d'obtenir une analyse quantitative, selon l'expression des chimistes allemands. On réunit ensuite toutes les portions du liquide obtenu, on *concentre* la liqueur en faisant évaporer le *menstrue*, et l'on obtient la substance *extraite* à l'*état sec* ou *sirupeux*. Le *marc* est la charpente anatomique du tissu animal ou végétal qui se trouve réduit alors aux simples parois des vésicules et des vaisseaux.

40. Les vases spécialement affectés aux dissolutions sont les *bassines*, les *marmites*, les *bocaux*, les *flacons*, les *éprouvettes*, les *ballons* et les *matras*. Les *bassines* sont des vases en fonte ou en cuivre, qui ont la forme d'une calotte de sphère, et sont munis de deux anses opposées sur leur pourtour. Les *marmites* sont des vases cylindriques fermés par un couvercle, qui multiplie la puissance dissolvante du menstrue, en s'opposant à l'évaporation, et en comprimant de cette manière le liquide. Tout le monde connaît les effets prodigieux de la machine à Papin, c'est-à-dire de la marmite sur laquelle le couvercle est scellé presque à demeure, et dans laquelle les vapeurs engendrées pendant l'ébullition du liquide acquièrent, par la compression, une si grande puissance de désorganisation, que les tissus les plus durs et les plus osseux s'y pulvérisent en poudre impalpable.

41. Le *bocal* (pl. 1, fig. 20) est une marmite en verre sans couvercle, et qu'on recouvre avec une toile ou une feuille de papier pour préserver la *macération* de la poussière. Un *flacon* (fig. 21, 22) est un *bocal* à ouverture rétrécie en goulot (*a*), que l'on ferme avec un *bouchon de liége*, ou mieux, pour les expériences délicates, avec un bouchon de verre (*b*) qu'on a usé à l'*émeri* sur le goulot lui-même, et qui, de cette manière, s'applique presque hermétiquement paroi contre paroi, et ne laisse aucun accès ni aux liquides, ni à l'air ambiant.

42. Les *éprouvettes* (fig. 12) sont de longs tubes de verre *à patte*. Les *verres à expérience* ou *verres à patte* (fig. 19), sont des espèces d'éprouvettes dont le vase est en cône renversé. Ce sont les vases dont on fait le plus fréquent usage dans les essais d'une expérience; car ils doivent à leur forme la propriété de se vider plus vite et plus complétement du liquide ou du précipité dont on n'a plus que faire.

43. Les *ballons* sont des vases de verre sphériques et munis d'un col plus ou moins allongé (pl. 3, fig. 10). Ces vases sont très-propres à faire bouillir ou chauffer des petites quantités de liquide ; on les place sur des bains de sable, ou bien on se contente de les approcher avec précaution du feu, en les tenant à la main par leur goulot, ou en tenant leur goulot à l'extrémité d'une pince à crochets tapissés d'une petite feuille concave de liége. Pour éviter de casser le verre par le passage subit d'une température basse à une température beaucoup plus élevée, on a soin d'approcher le vase graduellement du feu, de le présenter successivement à la chaleur par toutes les faces de la *panse*, et de ne jamais le mettre en contact avec la flamme vacillante que projettent çà et là les courants d'air. On nomme *matras* les ballons à col très-court (fig. 11); ceux-ci sont généralement plus commodes pour l'ébullition des liquides, vu que, dans les soubresauts, le poids du col entraînerait la panse des autres et occasionnerait ainsi la perte d'une grande portion de liquide. On obvie à cet inconvénient par l'emploi des *supports*, dont nous aurons à parler plus bas, en nous occupant spécialement des appareils de chauffage.

44. Fusion. La solution a lieu par fusion, lorsque la *substance* et le *menstrue* sont également solides à la température ordinaire. Le menstrue se nomme *fondant;* la dissolution à chaud se nomme *pâte;* à froid, elle prend le nom d'*alliage* à l'égard des métaux mêlés entre eux un à un, deux à deux, etc., et celui de *verre*, lorsque le fondant en est la potasse ou la soude, ou bien que le produit

acquiert par le refroidissement la texture vitreuse. L'*amalgame* est la dissolution à froid d'un métal dans le mercure ; on dit un *amalgame d'or*, pour un alliage d'or et de mercure, etc.

45. Les vases ou fourneaux dont on se sert pour la fusion sont en général en *grès réfractaire;* dans les laboratoires on emploie ordinairement les creusets (pl. 1, fig. 14), petits vases de terre cuite, cylindriques à leur partie inférieure, trigones à leur ouverture, et recouverts d'un couvercle triangulaire de même pâte qu'eux (*a*). On plonge ces vases remplis des substances qu'on se propose de fondre, de mélanger ou de combiner, dans une masse de charbons incandescents, dont on active souvent la flamme par le courant d'un soufflet de forge ; et, pour prévenir la volatilisation, on a soin, en certaines circonstances, de luter le couvercle au creuset avec de la glaise, avec laquelle on continue à recouvrir les crevasses à mesure qu'elles se forment pendant la durée de l'opération. Pour les retirer du feu incandescents et sans accident, on les saisit avec la *pince à creuset* (pl. 1, fig. 31), dont les crochets courbes (*a*) s'insèrent à angle droit, à l'extrémité de la tige, qui est elle-même coudée à angle droit à une certaine distance. On construit aussi des creusets avec des métaux qui ne fondent qu'à une température bien supérieure à celle à laquelle est susceptible de fondre le mélange ; on emploie la fonte pour le plomb et l'étain, et le platine pour une foule d'autres. Il est inutile de faire observer que les dimensions de ces vases varient selon les besoins de l'opération, et qu'on en trouve depuis dix centimètres jusqu'à trois centimètres de hauteur.

CHAPITRE III.

ÉVALUATION APPROXIMATIVE OU ÉTUDE DES RÉACTIONS.

46. La rencontre de deux corps en dissolution donne lieu à certains phénomènes qui ne se montrent jamais sur l'un et sur l'autre isolément pris. La manifestation de ces phénomènes prend le nom de *réaction*, c'est-à-dire, caractère spécifique de l'action réciproque de deux corps. On appelle *réactif* le corps dont on se sert, pour démontrer l'existence de la substance que l'on soupçonne dans un liquide ou dans un mélange ; et on donne le nom de *substance d'essai* à celle que l'on soumet à l'investigation des réactifs. C'est par le nombre de ces *réactions* successives qu'on évalue approximativement le nombre des corps qui entrent dans la composition d'un mélange ou d'une combinaison.

47. A cet effet, la dissolution obtenue aussi complétement limpide qu'il est possible, et dans un menstrue pur de toute substance étrangère, on en met une goutte en contact avec chaque *réactif*, afin d'observer si la réaction fournira une coloration, une effervescence, un précipité caractéristique. On prend note de l'absence ou de la présence de tous ces caractères. On soumet les précipités obtenus à de nouvelles réactions, en fractionnant la masse comme on a fractionné la solution ; et si la quantité se trouve insuffisante pour les essais, on renouvelle la précipitation sur une fraction plus grande de la dissolution qu'on expérimente.

48. En général, on doit éviter avec le plus grand soin de soumettre une première réaction à l'action d'un second réactif ; autrement on s'exposerait à prendre la réaction des deux réactifs l'un sur l'autre, pour la réaction spéciale du second réactif sur la substance d'essai.

49. De simples verres de montre peuvent servir de récipients à ces sortes d'opérations ; mais ordinairement on fait usage, selon les quantités de liquide que l'on a à sa disposition, de tubes de verre fermés par un bout à la lampe (pl. 1, fig. 10), d'éprouvettes à patte (fig. 12) ou de *verres à expériences* (fig. 19). On s'assure qu'aucune réaction spéciale au réactif ne décèle l'impureté du vase ; on verse le réactif le premier ; on est sûr de cette manière que la réaction sera le fait de l'essai lui-même. Si la réaction obtenue n'était pas normale, ce serait évidemment le résultat des impuretés du vase sur la substance d'essai ; on devrait s'en assurer en versant alors dans le vase la substance d'essai la première.

50. Tout phénomène de coloration doit être observé par réflexion et par réfraction, c'est-à-dire en se plaçant entre le flacon et le jour, ou en plaçant le flacon entre le jour et l'œil qui l'observe.

51. On conserve les réactifs, à l'état de la plus grande pureté possible, dans des *flacons bouchés à l'émeri* (*flacons à l'émeri*), qui portent une étiquette en caractères lisibles et dont les mots soient en toutes lettres. Avant et après chaque essai, on a soin de nettoyer le goulot et le bouchon, afin d'éviter les incrustations qui ne manqueraient pas d'altérer le liquide à un essai subséquent, ou même de sceller le bouchon dans

le goulot de la manière la plus intime. Comme, malgré toutes ces précautions, on ne saurait empêcher quelques gouttes de glisser le long du goulot jusque sur les parois du flacon, et d'aller ronger les étiquettes en papier et effacer les caractères à l'encre ordinaire, on a imaginé de graver l'étiquette sur la surface du verre même, ce qui n'en élève le prix que de 50 centimes. Les réactifs que l'on désire conserver à l'état solide, sans trop les diviser, se déposent dans des flacons *à large goulot et également bouchés à l'émeri;* telles sont principalement les substances avides d'humidité, et qui absorbent les gaz atmosphériques, les alcalis fixes, qui ne manqueraient pas de s'hydrater et de se carbonater à la longue, si l'on se contentait de les conserver dans ces flacons bouchés avec du liége, que l'on désigne sous le nom de *flacons à goulot renversé.*

52. Il arrive fréquemment aux bouchons usés à l'émeri d'adhérer si intimement au goulot, lorsqu'on les a laissés quelque temps sans les ouvrir, que l'on s'exposerait à casser l'anse du bouchon ou à briser le goulot même, en faisant effort pour le déboucher. Dans ce cas, on passe l'anse du bouchon dans l'anneau d'une petite clef dont la tige sert de levier, et deux ou trois petites secousses suffisent souvent pour faire tourner le bouchon; que s'il résiste à ce moyen, on attache une corde savonnée au mur, on en fait deux ou trois tours autour du goulot, et en la tenant tendue d'une main, l'on promène de l'autre le flacon dans le sens de la longueur; la frottement, qui échauffe le goulot bien avant le bouchon, en augmente la diamètre par la dilatation, et le bouchon, qui n'a pas changé de volume, se retire dès lors très-aisément. Que si l'adhérence provenait d'une incrustation du réactif, on pourrait espérer de vaincre la résistance, en laissant le goulot plongé dans l'eau pure ou saturée d'un acide ou d'un alcali, selon l'origine de l'incrustation.

53. Dans le laboratoire, on place, sur la table des essais, une boîte de réactifs, formée de deux ou trois rangées ou étagères percées d'autant d'ouvertures circulaires que l'on emploie de flacons. Le nombre de ces flacons dépasse rarement une vingtaine; car les réactifs les plus fréquemment employés se réduisent aux suivants : l'*acide sulfurique, sulfureux* et *hydrosulfurique*, l'*acide hydrochlorique*, l'*acide nitrique*, l'*eau de chaux*, l'*ammoniaque*, la *potasse*, la *soude*, le *nitrate de baryte*, l'*acétate* et le *sous-acétate de plomb*, l'*oxalate d'ammoniaque*, la *solution d'iode*, le *tournesol liquide*, le *prussiate ferruré de potasse*, le *nitrate d'argent*, le *muriate de platine*, l'*alcool*, l'*éther hydrique*, etc.

54. A la base de la boîte se trouve un tiroir dans lequel on dépose divers petits ustensiles, dont on a habituellement besoin, dans le cours de ces essais; des pinces, des baguettes et tubes de verre, et principalement des bandes de *papiers réactifs.* On entend, par papiers réactifs, des papiers qu'après certaines préparations destinées à les dépouiller de leurs sels, on colore en rouge, en bleu et en jaune. A cet effet, on lave à l'eau aiguisée d'acide hydrochlorique et ensuite à l'eau distillée, un papier incolore et non collé. On le plonge dans la dissolution de la couleur qu'on veut lui donner, et on le laisse sécher. On le coupe ensuite en petites bandes de trois millimètres de large sur quelques centimètres de long, que l'on conserve, soit dans un tiroir, soit dans un flacon bouché, afin de les préserver de l'action des vapeurs qui se répandent habituellement dans le laboratoire. Les trois couleurs employées dans les essais sont la couleur bleue, la rouge et la jaune. On obtient la couleur bleue avec la solution aqueuse du tournesol (*croton tinctorium*) (*); la couleur rouge avec la solution du tournesol, dans laquelle on verse de l'acide acétique; et la couleur jaune avec une solution de *curcuma* ou de *rhubarbe.* Le papier bleu révèle en rougissant la présence d'un acide libre dans une solution; le papier rouge décèle, en redevenant bleu, la présence d'un alcali libre dans une solution; le papier de curcuma donne la même indication en brunissant ou en verdissant.

55 Ces sortes d'indications sont durables ou passagères, selon que la substance qui leur donne lieu est fixe ou volatile, ou selon qu'elle est une combinaison d'une substance fixe et d'une substance volatile; ce qui arrive à certains sels à base d'ammoniaque, tels que les acétates et les carbonates. C'est, dans tout essai préparatoire, une circonstance qu'il ne faut jamais perdre de vue.

56. Les réactions affectent des caractères plus prononcés, lorsqu'on opère sur des substances inorganiques, que lorsqu'il s'agit d'évaluer le nombre de substances organiques, qui se trouvant dissoutes à la fois dans le même liquide. On s'expose aux méprises les plus graves, si l'on se hâte de conclure sur ces simples indications, et que l'on néglige de recourir à l'analogie, pour démêler une substance dans une masse d'autres qui réagissent

(*) La plupart des couleurs végétales peuvent remplacer le tournesol avec succès. Ce sont principalement les couleurs bleues et rouges des pétales.

comme elle. La chimie organique est encombrée de mélanges que l'impuissance de nos réactions et le vice de nos méthodes ont érigés en principes immédiats : tels sont les mélanges du sucre et d'une huile, soit fixe, soit essentielle ; d'une huile fixe et d'une huile essentielle ; d'une huile essentielle et d'une résine ; de l'huile, des résines, et d'un acide ou d'un alcali ; de la gomme et du sucre. On peut espérer de diminuer les proportions de l'un ou de l'autre des éléments de ces mélanges, mais jamais de faire disparaître l'un ou l'autre entièrement, et il arrive souvent qu'une parcelle de l'un suffit pour imprimer à l'autre des caractères trompeurs ou nouveaux. Pour s'assurer de la vérité de l'hypothèse, il suffit d'opérer ces mélanges de toutes pièces et de chercher ensuite à isoler leurs principes avec précision ; on ne tarda pas à reconnaître de la sorte l'impossibilité de la réussite. Donnons quelques exemples :

57. Que l'on délaye de l'huile ordinaire dans l'acide sulfurique ou dans l'acide hydrochlorique, il se produira un magma blanc, mou, élastique, filant comme de l'albumine, un savon acide enfin ; si l'on désire ensuite dépouiller le magma de son acidité, et rendre à la substance oléagineuse sa fluidité et sa pureté première, sans y mêler un nouveau corps étranger, le seul moyen que la chimie mette à notre disposition, c'est le lavage à l'eau pure. Pour cela faire, on battra le magma d'abord dans l'eau, on le divisera aussi menu que possible, on le jettera sur un filtre que l'on continuera d'arroser jusqu'à ce que l'eau filtrée ne donne plus aux réactifs la moindre trace d'acidité, en cessant de rougir le papier de tournesol ; on prononcera alors que la substance est pure de tout mélange. Mais il sera facile de reconnaître la grossièreté de l'erreur, d'abord en ce que l'huile n'aura pas repris sa première forme, ensuite parce qu'en divisant et battant de nouveau la masse dans l'eau pure, en la déchirant une seconde fois, on communiquera au liquide une acidité nouvelle. La théorie de la méprise est facile à concevoir ; l'acidité rend l'huile soluble en faible quantité dans l'eau ; l'eau dépouillera donc toute la surface d'un grumeau de la portion d'acide qui lui adhère ; mais la portion d'acide emprisonnée dans le sein du grumeau restera inattaquable, protégée qu'elle est par l'insolubilité de la couche du grumeau même. A chaque opération on éliminera, à la vérité, une certaine quantité de ces portions d'acide ainsi emprisonnées ; mais nos procédés de division sont si grossiers, et les molécules atomiques d'un corps sont si peu abordables à nos moyens mécaniques, qu'il nous sera tout aussi impossible, même par les opérations les plus nombreuses, de produire le départ complet des éléments du mélange, qu'il le serait d'opérer sur la dernière des molécules d'un corps ; et on doit s'attendre à voir s'altérer la substance oléagineuse, avant que d'arriver à lui rendre sa primitive pureté.

58. Dissoudra-t-on le mélange dans l'alcool, pour le précipiter après par l'eau pure, le précipité ne fera qu'envelopper trois substances, et même quatre, au lieu de deux : l'alcool, l'eau, l'acide et l'huile.

59. Or, quand le mélange est le résultat ou de l'action intestine et de l'élaboration des organes, ou de la complication des procédés de la manipulation, le chimiste, qui est habitué à prononcer qu'un corps est un corps simple, par cela seul qu'on ne parvient point à le diviser en deux ou plusieurs autres, a dû ériger en principes immédiats plus d'un mélange aussi opiniâtre.

60. Car enfin l'induction ne doit avoir d'autres limites que les faits, et il serait absurde de s'arrêter dans cette voie, par une détermination capricieuse et arbitraire. Or, en procédant par cette méthode, voyons à quels résultats nous aboutirons. Il est incontestable, en chimie inorganique, que l'eau entre pour une quantité appréciable dans la cristallisation de certains corps, qui se précipitent de leur dissolution sous cette forme ; on l'appelle *eau de cristallisation*. Sa présence imprime au précipité des caractères spéciaux ; elle le rend, par exemple, fusible à une plus basse température ; l'eau de cristallisation, en effet, sert de fondant aux cristaux eux-mêmes ; et la fusion exige des températures d'autant moins élevées que la cristallisation est plus régulière et affecte des dimensions plus appréciables. Lorsque le précipité a lieu sous forme d'une poudre presque impalpable, l'eau de cristallisation se réduit à une quantité que l'on néglige ; elle se réduit presque à n'occuper que les interstices des molécules isolées du précipité ; elle n'est pour ainsi dire qu'une *eau de précipitation* ; et il suffit de la chaleur ou de la plus douce évaporation pour l'éliminer.

61. Mais, si la cristallisation ou le précipité est organique, c'est-à-dire appartient à cet ordre de substances qui résistent à peine à 100 degrés de chaleur, et se carbonisent à sec, au-dessus de cette température, il pourra se faire que la chaleur nécessaire pour éliminer l'eau de cristallisation soit capable d'opérer un commencement de désorganisation sur la substance elle-même, et de la transformer en un produit d'un tout autre caractère.

Comment s'assurer alors, par la voie directe, des caractères essentiels de ce corps? L'analogie seule sera dans le cas de fournir la solution du problème.

62. Que si, au lieu d'une cristallisation régulière, la substance organique ou plutôt organisée s'obtient sous forme de précipité, ce précipité conservant, même dans ce désordre, sa tendance à la réorganisation, se prendra en une masse de membranes soudées entre elles, en un tissu irrégulier, en un *magma* caillebotté, et chaque maille, en se formant, emprisonnera, dans sa capacité entièrement close, une quantité proportionnelle du liquide qui la dissolvait auparavant, et de celui qu'elle rencontrera sur son passage. La dessiccation spontanée ou à l'étuve pourra enlever la quantité du liquide qui adhère à la surface de la masse; mais la surface, ainsi desséchée et durcie, ne servira que mieux à former obstacle au passage des molécules de l'intérieur. La chaleur, poussée un peu plus haut, dégagerait, à la vérité, ces molécules, mais en altérant la substance elle-même; une exposition prolongée à l'air extérieur pourrait produire le même résultat, mais en transformant la substance, soit en un tissu d'une autre nature, par une nouvelle organisation, soit en gaz, par l'effet de la fermentation. Force sera donc, dans la description, d'attribuer à la substance les caractères que son eau de précipitation sera dans le cas de lui prêter au contact des réactifs, si toutefois l'analogie ne vient pas faire la part des éléments de ce mélange. On nous accordera sans peine l'évidence de ces principes.

63. Mais si le précipité caillebotté rencontre, en se formant, un liquide déjà saturé de quelques autres substances, il est évident dès lors que le précipité enveloppera, dans ses mailles artificielles, non-seulement les molécules du liquide, mais encore toutes celles que celui-ci tient en dissolution. Nier la conséquence, ce serait vouloir nier le principe. Donc le précipité organique emprisonnera le réactif lui-même, en quantité plus ou moins considérable, selon que la réaction sera plus prompte ou plus lente; donc, lorsque la trituration, en déchirant les organes d'élaboration hétérogène, aura mêlé tous les produits dans une macération (29 *bis*) ou une décoction (32), et qu'on cherchera à isoler, soit par la précipitation, soit par la coagulation, un des principes dont on soupçonne l'existence dans le liquide, on obtiendra, au lieu d'un principe immédiat, un mélange dont le caractère en apparence spécifique sera la somme des caractères particuliers de chacun de ses ingrédients.

64. Ce qui se passe dans un menstrue doit nécessairement se reproduire dans tous les menstrues d'un autre genre; ce qui a lieu, sous ce rapport, dans l'eau, doit avoir lieu également dans l'alcool, l'éther, un acide ou un alcali, tel que l'ammoniaque; car le même mécanisme doit produire dans tout milieu le même résultat. Nous devons donc admettre en chimie organique, à moins de nous complaire à l'inconséquence, un *alcool de cristallisation* et un *alcool de précipitation*, un *éther*, un *acide*, une *ammoniaque* de *cristallisation* et de *précipitation*, comme nous venons d'admettre une *eau de cristallisation* et une *eau de précipitation*; nouveaux mélanges plus ou moins constants, plus ou moins opiniâtres, selon la nature du menstrue et celle du précipité. Or, comme l'eau de cristallisation imprime un caractère nouveau à une substance, l'alcool, l'éther, l'acide, l'ammoniaque, etc., imprimeront à la cristallisation ou au précipité qui se seront formés dans leur sein, le caractère de leur spécialité. D'où il s'ensuit que la même substance offrira aux réactions des caractères différents et parfaitement distincts, selon qu'on l'aura obtenue précipitée de l'alcool, ou de l'éther, ou d'un acide, ou de l'ammoniaque: elle sera acide, précipitée d'un acide; alcaline, précipitée d'un alcali; fusible à tel degré, précipitée de l'alcool; à tel autre, précipitée de l'éther; et si la fusibilité est un caractère invoqué par le chimiste, la même substance pourra prendre de la sorte deux noms différents.

65. Le résultat sera bien plus illusoire encore, lorsque la substance, dissoute préalablement dans un menstrue, ne pourra en être isolée qu'à l'état liquide, et surtout si le liquide est volatil, quoique moins que le menstrue: il arrive, en effet, un point où l'intimité du mélange surmonte la tendance à la volatilisation, et où la désorganisation seule de l'un des deux éléments serait en état de vaincre ce que l'affinité réciproque a irrévocablement uni. En effet, l'affinité étant réciproque, quoique douée chez un des deux éléments d'une énergie moins grande que chez l'autre, il est évident que la substance tend à retenir le menstrue, comme le menstrue tend à dissoudre la substance. Si la puissance de l'évaporisation est capable d'éliminer toute la quantité du menstrue qui tenait la substance en dissolution, la fixité de la substance dissoute doit soustraire à la puissance de l'évaporation, toute la quantité du menstrue qu'elle est elle-même capable de dissoudre. Supposons, en effet, qu'une molécule du menstrue volatil ait la puissance de tenir en dissolution quatre molécules

de la substance, il est évident que quatre molécules de la substance auront la puissance de retenir en dissolution une molécule du menstrue, et qu'ainsi la puissance de l'évaporation pourra bien éliminer trois molécules du menstrue, mais ne saurait toucher à la quatrième sans altérer le produit. Le produit isolé de la sorte aura donc par devers lui un quart de caractère qui lui est étranger ; et comme il s'agit, en cette hypothèse, d'un état de dissolution qui conserve à chaque élément ses propriétés, et non de l'état d'une combinaison qui serait dans le cas de transformer les propriétés du menstrue et de la substance en une troisième propriété d'un caractère tout nouveau ; il s'ensuit que le mélange participera de l'un et de l'autre des éléments qui le composent ; il s'ensuit que la fluidité de l'un masquera la fluidité habituelle de l'autre ; par exemple, si la substance par elle-même est fluide à zéro, et qu'elle retienne 1/10 du menstrue fluide à — 40°, le mélange acquerra la propriété d'être fluide à — 4° peut-être.

66. Admettons maintenant que le menstrue et la substance soient également volatils, et nous obtiendrons à la distillation un mélange encore plus illusoire ; car nul moyen de départ ne sera immédiatement à notre disposition. En conséquence, les huiles fixes et essentielles acquerront, par leur séjour dans l'alcool et l'éther, des propriétés nouvelles ; une portion des résines simulera une huile essentielle après sa dissolution dans ces menstrues ; il en sera de même des substances de ce genre qui se seront imprégnées d'ammoniaque ou d'un acide gazeux ou volatil.

67. Nous irons plus loin, et nous établirons, comme une conséquence rigoureusement déduite de ces principes, que le mélange d'un sel végétal ou animal avec excès d'acide volatil ou excès d'ammoniaque, et d'une résine, une huile fixe ou essentielle, ou une substance gommeuse ou albumineuse, sera dans le cas d'acquérir une telle consistance, qu'à nos diverses réactions elle apparaîtra comme une substance indécomposable, et partant comme un principe immédiat. En effet, on emploie, pour éliminer l'ammoniaque, un alcali fixe (potasse, magnésie, chaux), et pour éliminer l'acide, l'acide sulfurique ou tout autre plus énergique que l'acide végal. Or il doit paraître évident que les réactifs agiront, en cette circonstance, sur l'excès, et non sur la totalité du sel mêlé à la substance qui lui sert de menstrue. Car ce que nous avons dit de l'affinité de la substance pour la molécule d'acide d'un côté et pour la molécule de base d'un autre côté, s'applique, avec la même exactitude de raisonnement, à la molécule résultant de la combinaison de l'acide et de la base, molécule qui, sous ce rapport, devient une unité du même ordre que les autres. Il arrivera un point où l'affinité de la substance et du sel qu'elle tient en dissolution, se trouvera telle que la substance ne cédera pas plus l'un ou l'autre élément du sel, que la molécule du sel en entier ; et que la réaction d'une base ou d'un acide plus ou moins énergique ne sera pas plus efficace, pour vaincre cette intimité, que la puissance de l'évaporation elle-même. On se trompera donc grandement, quand on croira avoir éliminé tout l'acide ou tout l'ammoniaque, parce qu'à une époque de la réaction il cessera de s'en dégager ; on n'aura fait par là que diminuer les proportions et ramener le mélange à l'état d'une combinaison inaltérable, dans ce sens que l'on ne pourrait parvenir à éliminer le sel qu'en altérant les propriétés de la substance.

68. Le mélange d'une substance organisée ou organique avec une quantité d'un sel terreux inappréciable à nos procédés d'analyse, sera dans le cas d'offrir des caractères de réaction qui sembleront être inhérents à sa nature ; à plus forts raison lorsque la quantité du sel sera appréciable après l'incinération.

69. Que l'on considère maintenant combien les phénomènes de coloration sont susceptibles d'induire en erreur, dans les essais d'une évaluation chimique, et combien il sera facile, sur ces simples caractères, de placer un mélange de deux substances isolément connues au rang d'une substance *sui generis*.

70. Imbibez de l'albumine avec du sucre, et l'acide sulfurique colorera en purpurin le mélange, au lieu de produire un coagulum blanc, qui est le caractère de sa réaction sur l'albumine. Il en sera de même d'un mélange d'huile et de sucre.

72. Coagulez de l'albumine dans une solution de la substance soluble de la fécule ; et l'iode, qui jaunit l'albumine lorsqu'il est seul, la colorera en hyacinthe ou en superbe bleu, selon la proportion du mélange.

73. Ces mélanges, s'ils se sont opérés à notre insu, seront nécessairement inscrits au catalogue des substances immédiates.

74. Nous aurons l'occasion d'étendre ces applications en parlant de la cristallisation ; nous terminerons ce chapitre par la série des réactions les plus usuelles dans les évaluations chimiques ; nous les disposerons dans l'ordre alphabétique.

75. Les acides étendus, minéraux ou organi-

ques, dénotent la présence des carbonates, dans un corps solide ou dans un liquide, en déterminant un dégagement de bulles d'acide carbonique, qui produit une effervescence d'autant plus vive que la quantité de carbonate est plus considérable. L'acide sulfurique, mais concentré, produit le même effet sur les hydrochlorates, hydriodates et hydrobromates.

76. L'ACIDE HYDROCHLORIQUE concentré colore en purpurin et ensuite en bleu intense l'albumine animale et végétale.

77. Les ACIDES NITRIQUE et HYDROCHLORIQUE peuvent servir à constater un dégagement ammoniacal, en produisant des vapeurs blanches, par la combinaison de leurs propres vapeurs avec celles de l'ammoniaque. Il suffit d'approcher, du point où le dégagement ammoniacal a lieu, le bout d'une baguette de verre trempée dans l'un ou l'autre de ces acides, pour obtenir la réaction indiquée.

78. L'ACIDE NITRIQUE colore en jaune l'albumine fraîche.

79. L'ACIDE SULFURIQUE et même un sulfate décèlent la baryte libre ou combinée dans la solution la plus étendue, en produisant un précipité insoluble dans les acides, même dans l'acide hydrochlorique.

80. L'ACIDE SULFURIQUE coagule en blanc l'albumine fraîche, et en jaune l'albumine qui commence à s'altérer.

81. L'ACIDE SULFURIQUE mêlé à l'albumine liquide ou à l'huile imprime la couleur purpurine la plus intense à une solution concentrée de sucre ou à un tissu saccharin. L'acide sulfurique tenant du sucre en dissolution produit le même phénomène sur des masses ou des dissolutions concentrées d'huile et d'albumine. L'acide arsénieux produit plus lentement le même effet sur le sucre de canne seulement.

82. L'ACIDE HYDROSULFURIQUE détermine, dans les dissolutions de plomb, un précipité brun qui ne se redissout pas dans un excès de l'acide.

83. L'ACIDE TARTRIQUE produit avec la chaux un précipité qui affecte des formes cristallines reconnaissables au microscope (pl. 8, fig. 6), et peut ainsi faire au moins soupçonner la présence de la chaux dans un liquide, à un simple coup d'œil.

84. L'ALCOOL concentré précipite, de leurs liqueurs suffisamment concentrées, l'albumine, la gomme, l'amidon liquide, en flocons blancs et caillebottés. Il dissout les résines, les huiles essentielles, et une certaine quantité d'huiles grasses, mais moins à froid qu'à chaud.

85. L'AMMONIAQUE liquide détermine, dans les dissolutions de sels cuivreux, un précipité verdâtre qui se redissout dans un excès d'ammoniaque, et prend alors une couleur d'un beau bleu.

86. L'AMMONIAQUE produit, dans les dissolutions de magnésie, un précipité blanc pulvérulent qui se redissout en entier dans l'hydrochlorate d'ammoniaque; et, dans les sels d'alumine, un précipité abondant insoluble dans l'ammoniaque et dans l'hydrochlorate d'ammoniaque, ce qui le distingue du précipité magnésien.

87. La CALCINATION noircit et charbonne les substances organiques, en dégageant des fumées empyreumatiques.

88. La CHALEUR coagule en blanc l'albumine et transforme en gelée l'amidon.

89. L'ÉTHER, peu miscible à l'eau, dissout plus facilement les résines et les huiles essentielles que ne fait l'alcool.

90. La solution AQUEUSE ET LÉGÈREMENT ALCOOLISÉE D'IODE colore en beau bleu l'amidon pur, la résine de Gaïac, le pollen des plantes; la couleur vire au violet, au purpurin, sur l'amidon mélangé ou altéré par la fermentation et la chaleur; la présence d'un carbonate ou d'un alcali dans la solution s'oppose complétement à la réaction; c'est pourquoi on a soin d'aciduler la solution, avant de la soumettre au réactif. L'emploi du microscope donne les moyens de distinguer l'amidon, du pollen et de la résine de Gaïac.

91. La plupart des MÉTAUX, bien décapés, servent à mettre en évidence la présence d'un autre métal dans une solution quelconque; leur surface se couvre en effet d'une couche de particules du métal de la dissolution. Le zinc précipite de la sorte la plupart des métaux. Le fer précipite sur sa surface le cuivre à l'état métallique.

92. Le HYDRATE DE PLATINE produit, dans les dissolutions qui renferment de la potasse libre ou combinée, un précipité jaune clair, qui, au microscope, affecte des formes cristallines en con-

servant sa teinte dorée. L'*acida tartrique* détermine aussi, dans une solution concentrée de potasse, un précipité de tartrate de potasse, dont les formes cristallines sont très-reconnaissables au microscope (pl. 8, fig. 9). Le précipité est moins instantané dans une dissolution de sulfate de potasse. La réaction du *muriate de platine* sur l'ammoniaque libre ou en combinaison, est à l'œil nu à peu près la même que sur la potasse ; ce qui doit engager l'observateur à s'assurer avant tout de l'absence de l'ammoniaque, ou à chercher à l'éliminer par l'incinération.

93. Le NITRATE D'ARGENT liquide dénote la présence de l'acide hydrochlorique, libre ou combiné dans le liquide d'essai, en y déterminant instantanément un nuage blanc qui se précipite en un magma caséeux, et prend au contact de l'air une couleur violette hyacinthe ou violette plus ou moins intense. Le magma conserve au microscope ses formes caillebottées. Ce précipité est insoluble dans l'acide nitrique ou hydrochlorique étendu ; mais il se dissout à froid dans l'ammoniaque, et à chaud dans l'acide hydrochlorique très-concentré.

94. Le NITRATE DE BARYTE indique la présence de l'acide sulfurique libre ou combiné dans un liquide, en occasionnant un précipité blanc qui ne se redissout point dans les acides, dans l'acide hydrochlorique, par exemple, et qui est inaltérable à un feu ordinaire.

95. L'ODEUR est une réaction caractéristique de certains corps ; mais l'odeur ne saurait se décrire, elle ne peut que se comparer. L'odeur alliacée dénote la présence de l'arsenic dans une substance inorganique que l'on projette sur des charbons incandescents. L'odeur du chlore est caractéristique, et ressemble un peu à celle de l'acide nitreux et de l'acide sulfureux ; l'habitude seule est dans le cas d'apprendre à l'en distinguer. Celle de l'iode se rapproche de l'odeur du safran. L'acide sulfurique, chauffé par son simple mélange à l'eau, répand une odeur distincte. L'ammoniaque qui se dégage se décèle évidemment à l'odeur, qui est à peu près aussi celle du carbonate d'ammoniaque ; leurs vapeurs provoquent les larmes. Il en est de même de l'acide acétique. L'addition d'une goutte d'acide hydrochlorique imprime une odeur différente du tout au tout aux odeurs végétales et animales ; les plus fétides prennent alors un bouquet qui se rapproche de l'odeur caséique, de l'odeur de la violette, de celle de la pomme rainette, etc., les phosphates acides d'ammoniaque impriment à l'haleine de certaines gens une odeur repoussante.

96. Au reste, les organes de l'odorat et du goût sont deux réactifs dont les indications varient suivant les individus. Chacun doit se faire, à cet égard, par l'habitude et la mémoire, une table d'indications à son service ; les réactions en tout genre n'étant, en définitive, que des signes qu'on ne cherche pas à transmettre aux autres, et qui ne servent qu'à nous tracer la voie qui conduit à la démonstration.

97. La dissolution d'OXALATE D'AMMONIAQUE sert à manifester la présence d'une faible quantité même de chaux à l'état libre ou combinée dans un liquide neutre. Une seule goutte de ce réactif se transforme, en tombant, en un nuage blanc, qui se résout et se distribue dans la substance, pour aller former au fond du vase, au bout de quelques instants de repos, une couche blanche et pulvérulente d'*oxalate de chaux*, qui se dissout sans effervescence dans les acides minéraux, et qui n'offre au microscope que des corpuscules isolés, sans aucune forme déterminée. Ce précipité, soumis à une forte chaleur, se change en carbonate de chaux, qui fait alors effervescence avec les acides (75) ; soumis à une chaleur plus forte encore, il se change en chaux vive, en brûlant avec une éblouissante incandescence, et ramène, après le refroidissement, le *papier réactif rouge* (54) à un bleu très-intense.

98. Le PAPIER BLEU ou la solution de tournesol dénote la présence d'un acide libre, en passant au rouge. Lorsqu'on opère sur des gaz, on a soin de mouiller préalablement le papier avec de l'eau distillée.

99. Le PAPIER ROUGE ou la solution de tournesol déjà rougie par un acide, dénote, en passant au bleu, la présence d'un alcali fixe ou volatil, mais libre, ainsi que les carbonates alcalins et les sels alcalins avec excès de base.

100. La POTASSE concentrée, en dissolvant un corps fusible à une haute température, mais indécomposable par la chaleur et inattaquable par les acides, démontre que ce corps est de la silice que l'on précipite en gelée par l'acide sulfurique.

101. La POTASSE concentrée dégage, de ses sels ou de ses dissolutions, l'ammoniaque en vapeur, qui se décèle, soit à l'odorat, soit à l'aide du papier réactifs.

102. Le PRUSSIATE FERRURÉ DE POTASSE liquide, dont la teinte est légèrement jaunâtre, dénote la présence du fer, dans un liquide incolore préalablement aiguisé avec un acide (l'acide nitrique, par exemple), en colorant le liquide en *bleu indigo*, qui se précipite et que décolore la potasse en excès; c'est le bleu qu'on désigne en grand sous le nom de *bleu de Prusse*. Les substances solides, imprégnées de ce réactif, prennent la même coloration, lorsqu'elles possèdent du fer dans leurs couches externes; les fragments de nos pierres meulières finissent par ressembler, dans ce réactif, à des grumeaux de bleu de Prusse du commerce; les polypiers cartilagineux et rougeâtres de nos eaux douces y prennent une magnifique teinte indigo.

103. L'influence exercée par un corps ou un liquide donné sur l'aiguille aimantée, sert aussi à constater la présence du fer dans ce corps. Lebaillif a construit dans ce but un appareil qu'il a nommé *sidéroscope*, à l'aide duquel il parvenait à découvrir dans un corps quelconque, même dans l'argent de coupelle, des quantités si minimes de fer, qu'aucune autre réaction n'aurait jamais pu en faire soupçonner l'existence. Le cobalt et le nikel réagissent comme le fer sur l'aiguille aimantée, ce qui fait que cette indication ne suffit pas toujours seule. Cet appareil, tel qu'il a été perfectionné par Saigey (pl. 2, fig. 5), se compose d'une cage de verre (*a a a a*) ayant la forme d'un parallélipipède qui repose à rainure sur une tablette (*b b b*) appuyée sur quatre vis à caler. La cage est faite en lames de verre jointes entre elles, par des substances et avec de la colle entièrement exemptes de fer. La face antérieure par laquelle on doit opérer, ne porte qu'une demi-bande de verre (*a' a'*), afin de permettre l'introduction des corps à essayer. Sur le milieu de la face supérieure on pratique une ouverture circulaire à laquelle s'adapte un tube vertical en verre (e). La tablette peut avoir 14 pouces de long sur 6 de large hors d'œuvre. Cela fait, on prépare une paille de graminée (*Avena sterilis*, Seigle et autres Graminées à entre-nœuds longs et déliés et d'un diamètre à peu près égal à chaque bout de l'entre-nœud); pour la dresser, on la mouille, on la suspend, munie d'un certain nombre de poids à son bout inférieur, et on la chauffe jusqu'à dessiccation ordinaire par l'approche d'un fer chaud. Ensuite, on coupe de part et d'autre ses deux articulations, en lui laissant 9 pouces de longueur; on adapte à chaque extrémité une aiguille à coudre préparée et aimantée à saturation, ayant environ 36 millimètres de long; chacune de ces deux aiguilles entre à moitié dans le tuyau de la paille (*d d*), mais de telle sorte que deux pôles de même nom soient à l'intérieur, et deux pôles de même nom soient à l'extérieur. On suspend horizontalement cette aiguille à un fil de cocon dédoublé (*e*) attaché à un étrier de laiton (*f*) qui est mobile de bas en haut, et entre à frottement dans l'ouverture supérieure du tube (e). On produit l'équilibre parfait au moyen d'une bride triangulaire de papier qui termine le fil de cocon, et dans laquelle on introduit la paille; lorsque l'horizontalité parfaite est obtenue, on la maintient en insinuant un peu de colle d'amidon entre l'aiguille et la bride de papier. On a alors une aiguille *astatique* et d'une sensibilité extrême, ce qui exige, de la part de l'opérateur, les plus grandes précautions. Pour obtenir les indications que l'on cherche, on évite d'imprimer des secousses à l'instrument; on le garantit des courants d'air et même de sa propre haleine. On approche les corps de l'extrémité de l'aiguille, en les présentant au bout d'une bande de papier ou d'une règle qui ne réagisse pas elle-même sur l'aiguille; et l'on évalue les quantités de fer que le corps est dans le cas de contenir, par la distance où l'influence se manifeste. On obtient ces évaluations, au moyen d'une bande de papier en arc de cercle gradué, dont le fil de cocon est le centre, et l'extrémité de l'aiguille l'extrémité du rayon. Cette bande (*g*) est collée sur la surface de la tablette (*b b b b*) du côté de l'observateur (*a a' a'*). Dès que l'observation est terminée, on a soin d'abaisser l'étrier (*f*) et de descendre l'aiguille sur la tablette, pour que le poids des deux aiguilles d'acier n'arque pas la tige de paille. Lebaillif constata le premier le phénomène curieux que présente le bismuth et l'antimoine, dont la présence à une certaine distance repousse l'aiguille aimantée, au lieu de l'attirer; Saigey démontra, par les expériences les plus délicates, que ces phénomènes appartenaient, quoique avec moins d'intensité, à tous les corps de la nature. Mais, dans les réactions chimiques, c'est l'intensité qu'on invoque, et, sous ce rapport, les indications de cet instrument sont aussi précises que celles des réactifs ordinaires.

104. La SAVEUR a aussi une valeur caractéristique comme réaction; on la distingue en styptique, piquante, astringente, brûlante, sucrée, fade et insipide. La présence du fer communique à toutes les solutions organiques une saveur spéciale qui prend, en certaines circonstances, le

caractère nauséabond de la chair qui macère dans l'eau. Il est des mets qui m'inspirent une répugnance insurmontable, lorsque je me sers pour les manger d'une cuiller de fer.

105. Le SOUS-ACÉTATE DE PLOMB produit, dans les dissolutions de gomme ou de sucre, un précipité floconneux blanc qui est un mélange intime de la substance organique et d'oxyde de plomb. On élimine la substance organique par l'acide sulfurique qui forme un sulfate de plomb insoluble.

106. Le SULFATE DE CHAUX dénota la présence de l'acide oxalique combiné, en occasionnant un précipité d'oxalate de chaux que l'on reconnaît ensuite à ses autres caractères.

107. Les inductions que l'état actuel de la science nous autorise à tirer de chacune de ces réactions, ne sont pas tellement rigoureuses que l'on soit en droit de procéder à la légère et de se hâter de conclure sur une ou deux réactions. Les progrès ultérieurs de nos études diminueront l'importance de quelques-uns des caractères que nous avons donnés, en nous faisant découvrir que le même caractère, d'une valeur exclusive aujourd'hui, peut convenir à deux substances hétérogènes. En chimie organique, de pareils mécomptes nous arrivent chaque jour, et nous imposent une réserve de plus en plus sévère. C'est dans cette branche de la science que l'on doit proclamer hautement la nullité d'une seule réaction, et la nécessité de les soumettre toutes à une discussion fondée sur les règles de l'analogie. Le présent ouvrage est destiné à formuler ces règles, et à introduire dans la chimie organique des méthodes de précision.

108. L'étude de toute réaction est une comparaison de ce qu'on voit avec ce qu'on a vu, dans le but de constater l'identité de la cause par la ressemblance des effets; mais il ne faut jamais que ce soit une comparaison de ce qu'on voit avec ce qu'on a lu. La mémoire des mots ne saurait jamais compenser la mémoire des faits, pas plus que tout l'artifice de la narration ne saurait égaler la vérité du spectacle. Aussi aura-t-on fréquemment à s'applaudir, dans toute espèce d'expérience, d'opérer par ce que j'appellerai la *double réaction*, la *réaction d'essai* et la *réaction positive*, c'est-à-dire de reproduire de toutes pièces sous ses yeux, et avec deux substances connues, la réaction qui caractérise la présence des deux substances dans le liquide d'essai, et de conduire parallèlement ces deux expériences, pour observer simultanément les deux sortes d'effets. On sera sûr, de cette manière, non-seulement d'obtenir des résultats non susceptibles d'être contestés, mais encore de rectifier les observations consignées dans les livres, et qui, à force de passer de compilation en compilation, ont fini par devenir méconnaissables.

109. Une fois qu'on aura épuisé la série des réactions indiquées, et reconnu ou soupçonné la présence des divers corps qui composent le mélange soumis à l'analyse, on cherchera à obtenir chacun d'eux isolément, afin d'en reconnaître les caractères et la quantité, avec une évidence qui ne laisse plus rien à désirer. On y parviendra par une nouvelle série d'opérations, que nous allons successivement décrire dans les chapitres suivants.

CHAPITRE IV.

PRÉCIPITATION.

110. PRÉCIPITER un corps, c'est détruire la force qui le tenait en dissolution dans un liquide, et le rendre à la loi de la pesanteur. Lorsque cet effet a lieu, le liquide perd tout à coup sa transparence; on voit même, à l'œil nu en général, une poudre impalpable ou des flocons plus ou moins cotonneux, descendre lentement ou se précipiter en masse vers le fond du vase, et y former bientôt une couche homogène qu'on désigne sous le nom de *précipité*. Les *substances organisatrices* se précipitent en grumeaux pseudo-membraneux plus ou moins compactes, plus ou moins divisés, qu'on désigne sous les noms de *magma*, *coagulum*, *caillot*. Les substances inorganisées sont *précipitables*, les substances organisées sont *coagulables*.

111. Le précipité est *nuageux* quand il produit, en se manifestant dans le liquide, les aspects de ces nuages ondoyants que nous voyons changer mollement de dimensions et de formes sur la voûte des cieux; il est *floconneux* quand il imite, au contraire, en se formant, une giboulée de neige; autrement il est *pulvérulent* ou *cristallin*, selon que ces molécules affectent des formes distinctes à la vue ou au microscope.

112. Le *magma* est une précipitation en général organisée, qui imite une *émulsion* sirupeuse, plutôt qu'un *coagulum*.

113. Le *coagulum* est une précipitation organisée, qui se prend en une masse glutineuse, analogue au blanc d'œuf que l'on a soumis à une première impression de chaleur.

114. Le *caillot* est le *coagulum* du sang; on dit un coagulum *caillebotté*, pour désigner un coagulum qui se divise en grumeaux cotonneux comme le *lait caillé*. Le liquide d'où on précipite ce coagulum prend le nom de *sérum* pour le sang, et de *petit-lait* pour le lait. La *sérosité* est un *sérum* conservant un *œil louche et laiteux*.

115. L'*émulsion* est une *sérosité* produite par la mixtion de l'eau avec une substance oléagineuse, spécialement avec les amandes triturées.

116. L'aspect *louche*, *nuageux* et *laiteux* d'un liquide indique infailliblement une suspension de substances, qui ne sont pas assez pesantes à achever leur complète précipitation. Le temps, l'élévation ou l'abaissement de la température suffisent, pour opérer la précipitation de la plupart de ces substances tenues en suspension.

117. Toute précipitation est le résultat d'un changement survenu dans les rapports du *dissolvant* (25) avec la *substance dissoute*. On la produit, en modifiant les conditions de densité ou d'affinité, soit de la substance, soit du dissolvant. Le mélange d'un liquide avec le menstrue précipite la substance dissoute, pour laquelle le liquide nouveau n'a aucune affinité, mais non le liquide que l'on modifie. L'alcool versé dans une eau saturée de *gomme* ou d'*albumine*, en précipite ces deux corps, parce que l'alcool qui dissout l'eau, ne saurait dissoudre la *gomme* et l'*albumine*. Une base dissoute dans un liquide est précipitée par un acide qui la transforme en un sel insoluble; la potasse, par l'acide tartrique en excès; la baryte, par l'acide sulfurique. Ce précipité est le résultat d'une simple combinaison. Deux sels également solubles, dans le même menstrue, versés l'un dans la solution de l'autre, peuvent produire une précipitation, en échangeant leurs bases et leurs acides, et en formant ainsi deux nouveaux sels dont l'un est soluble et l'autre insoluble; l'acétate de chaux et le sulfate de potasse, également solubles dans l'eau, se transforment instantanément en acétate de potasse qui reste insoluble, et en sulfate de chaux qui se précipite. Ce genre de précipité est le résultat d'une *double décomposition*. Dans ces deux derniers précipités, c'est la substance qu'on a modifiée, le menstrue restant intact.

118. La LÉVIGATION est une série de précipitations; on l'emploie à l'égard, soit d'une substance dont les molécules, affectant diverses dimensions, se précipitent plus lentement les unes que les autres, et forment des couches superposées de densités décroissantes de bas en haut; soit de plusieurs substances ayant chacune des molécules d'une différente densité. On divise la durée de l'opération en autant de fractions de temps qu'il existe de degrés de densité dans les molécules précipitables; on agite la masse dans le liquide, de manière à y répartir uniformément les molécules; lorsqu'on s'aperçoit que la couche du même nom est achevée, et que celle du nom suivant commence, on se hâte de *transvaser* et de *décanter* le liquide qui surmonte, c'est-à-dire de le verser doucement dans un autre vase, où l'on se propose de recueillir la seconde précipitation; et, dès que celle-ci est opérée, on décante de nouveau dans un autre vase, et ainsi de suite.

119. Mais comme on n'est jamais sûr que toutes les couches se soient formées sans mélange; comme, au contraire, il est évident que chaque molécule plus pesante a dû entraîner, dans sa chute, une ou plusieurs molécules d'une autre densité, qu'elle aura successivement rencontrées dans le trajet, on reprendra chaque couche en sous-œuvre, on l'agitera dans une nouvelle quantité du liquide dans lequel elle est insoluble, et l'on décantera une seconde fois d'après les procédés de la première. On répétera ces opérations jusqu'à ce qu'on se soit assuré que la couche obtenue est aussi homogène qu'il est donné à nos procédés de l'obtenir.

120. On DÉCANTE un liquide dont on ne veut plus rien obtenir pour l'expérience que l'on poursuit; on *transvase* un liquide dont on a un nouveau départ à attendre; sous le rapport de la manipulation, la différence est toute dans les mots.

121. La lévigation peut fournir un excellent moyen d'analyser une poudre organique, une farine, par exemple, et donner des indications aussi approximatives que le demandent certaines opérations industrielles. Nous avons depuis longtemps signalé (*) les ressources que ce procédé est dans le cas d'offrir, si on l'associe aux procédés d'investigation de la nouvelle méthode.

122. On LAVE le précipité, pour le dépouiller des substances solubles dans le liquide d'où on l'a précipité, substances qui ne peuvent manquer

(*) *Essai d'analyse sur le pain des prisons, par un homme qui en a mangé.* (*Journal le Lycée*, 4 décembre 1831.)

d'adhérer aux molécules plongées dans le dissolvant. On se sert à cet effet du *tamis* ou du *filtre*.

123. Les *tamis* sont ou métalliques, ou en peau, en tissus de crin ou de soie. Les tamis métalliques ou en peau sont composés d'une lame de métal ou de peau criblée de trous à l'emporte-pièce. Les tamis en crin ou en soie sont composés d'un tissu de crin ou de soie. Les trous des premiers et les mailles du tissu des seconds varient en diamètre selon le diamètre des molécules qu'on se propose de *tamiser*, c'est-à-dire de retenir au-dessus du tamis, en donnant issue à toutes les autres molécules. Il est des opérations industrielles qui exigent l'emploi successif d'un assez grand nombre de tamis en peau d'une porosité décroissante; tel est le *sassage* des gruaux de farine. Dans les laboratoires on ne fait usage en général que de petits tamis en crin pour les opérations grossières, et en soie pour le tamisage de substances plus ténues.

124. Il est des tamis métalliques, dont la porosité est si exiguë qu'ils servent facilement de filtre, si on a la précaution d'y tasser la substance; telles sont les plaques des cafetières dites à la Belloy.

125. Ce qui distingue le *filtre* du *tamis*, et la *filtration* du *tamisage*, c'est que pour le tamis le départ a lieu à sec, par le déplacement mécanique des molécules, et par des secousses imprimées à l'instrument; tandis qu'avec le filtre, le départ a lieu par la voie humide, et en ne donnant issue qu'aux substances qu'on désire éliminer sous la forme liquide et à l'état de dissolution. Le tamis sépare, et le filtre lave.

126. Dans la MALAXATION des farines, le tamis fait le double office de tamis et de filtre. La substance farineuse des céréales en effet, en la supposant réduite à la substance du périsperme, se compose encore, outre les substances solubles dans l'eau, de deux substances dont les grumeaux, à l'état sec, sont susceptibles d'affecter le même calibre: je veux parler de l'amidon et du gluten. Ces deux substances, à l'état sec, resteraient sur le tamis ou passeraient toutes les deux à la fois, à travers les mailles, qui auraient été pratiquées pour donner passage aux molécules de l'une seule. Mais l'amidon, insoluble dans l'eau, affecte des formes constantes, et se compose de globules solides, qui s'isolent spontanément sous le moindre filet d'eau; tandis que les parcelles de gluten, humectées d'eau, contractent entre elles de nouvelles adhérences, et sont susceptibles de se grouper en un nouveau tissu artificiel; il suffit pour cela de les tenir en contact, et de les rapprocher. Lors donc qu'après avoir pétri une farine avec de l'eau on désirera en séparer la fécule, il suffira de presser cette pâte sous un filet d'eau, en la retenant dans les mains, qui formeront ainsi un appareil de déchirement, de pression et un tamis à la fois, et l'on entraînera avec le liquide tous les globules d'amidon que le déchirement du tissu glutineux aura mis à nu. L'eau passera laiteuse par la présence de ces globules blancs; mais comme des parcelles de gluten ne manqueront pas de passer à leur tour à travers les doigts, on les arrêtera sur le tamis qu'on aura soin de tenir au-dessus de la terrine destinée à recueillir le liquide qui entraîne l'amidon, plus quelques parcelles de gluten de même calibre que les grains d'amidon; on en dépouillera cette dernière substance, par le moyen de l'acide acétique faible, ou par la désorganisation intestine de la fermentation, deux réactions qui rendent le gluten soluble dans l'eau où l'amidon reste insoluble.

127. Le FILTRE proprement dit est en étoffe ou en papier. Recouvrez le goulot d'un vase avec une pièce d'étoffe ou une feuille de papier, de manière à former une espèce de godet, dont la convexité soit tournée du côté du fond du vase; versez dessus un mélange de substances hétérogènes dont les unes liquides et susceptibles de passer à travers les mailles de l'étoffe et du papier, et les autres solides, et d'un calibre plus grand que les mailles du tissu; l'étoffe ou le papier formeront le *filtre*, le goulot formera l'*entonnoir*, le liquide qui passera à travers les mailles du tissu sera la liqueur filtrée, et l'opération se nommera *filtration*. Cette forme générale varia selon les besoins et les ressources de la manipulation, et selon le degré de précision que l'on désire atteindre. Pour les usages domestiques, on filtre l'eau de rivière à travers une couche de sable ou de pierres poreuses; dans les sucreries, on filtre les sirops en les recouvrant d'une couche d'argile; dans l'officine des pharmaciens, on filtre les sirops clarifiés au charbon, à travers une pièce carrée d'étoffe de laine que l'on tend légèrement sur un châssis hérissé de pointes, soutenu sur quatre pieds, et placé au-dessus d'une terrine; les grumeaux coagulés par le charbon animal, sont d'un tel calibre que pas un des plus petits ne saurait passer à travers les mailles de ce filtre, et le liquide passe seul limpide et incolore; pour certaines autres opérations, on a soin de recouvrir l'étoffe avec des feuilles de papier joseph.

128. Dans le laboratoire, on ne filtre presque qu'au papier joseph, ou papier sans colle; on

choisit de préférence celui dont la pâte est homogène, et qui à travers jour n'offre point de *manques*, c'est-à-dire de ces taches lumineuses qui annoncent des solutions de continuité. On a soin de le laver préalablement à l'acide hydrochlorique ou nitrique étendu d'eau, lorsque l'on craint que les sels terreux qui l'accompagnent toujours ne viennent compliquer les recherches ; on le dépouille ensuite de son acidité en le lavant à l'eau distillée, on le laisse sécher à l'air, et on le conserve à l'abri des émanations, pour les besoins ultérieurs du laboratoire.

129. Pour filtrer au papier joseph on emploie un entonnoir en verre (pl. 1, fig. 18, *e*), espèce de cône ouvert à la base et au sommet, et qui s'introduit par le petit bout dans le goulot des flacons. On plie une feuille de papier joseph en quatre carrément, puis chaque grand pli en deux autres plis secondaires, puis chaque pli secondaire en deux autres, et ainsi de suite selon les dimensions de la feuille. On obtient de la sorte un nombre de divisions convenables, mais dont les angles rentrants et sortants n'alternent pas, inconvénient que l'on répare, en reprenant le ployage par un des bouts du papier, et le continuant jusqu'à l'autre, sans s'écarter des premiers plis. Cela fait, on sépare les deux lames de la feuille de papier ; elle s'étale en une espèce d'entonnoir plissé qui s'introduit sans effort dans l'entonnoir de verre, en tapisse toute la surface de ses plis nombreux, et offre à sa pointe une assez grande solidité pour n'avoir rien à craindre de la pesanteur de la masse liquide. On reconnaît une main exercée à l'élégance de la construction d'un filtre de papier, et l'élégance en toute chose est l'expression la plus rigoureuse de la solidité.

130. Lorsqu'on veut recueillir le liquide filtré dans un verre à patte (*v*. pl. 1, fig. 18), ou autre vase d'une forme analogue, on soutient l'entonnoir en équilibre au moyen d'un trépied (*s*) à tablette perforée, ou de l'un des cercles des supports à vis de pression (pl. 3, fig. 11, o).

131. Afin de ne pas défoncer le filtre, dès le début de l'opération, on a soin de ne verser le liquide que sur les parois du filtre. Les premières liqueurs passent toujours plus ou moins troubles ; on les rejette une seconde et une troisième fois sur le filtre, dans la fond duquel le dépôt des matières solides forme une couche de moins en moins perméable aux impuretés. On continue la filtration avec un autre entonnoir et un nouveau filtre, lorsque le dépôt, qui se forme au fond du premier, est devenu si compacte qu'il ne laisse plus passer, dans un temps donné, que des quantités insignifiantes de liquide.

132. Il est des substances solides réduites à un tel état de ténuité qu'elles passent avec le liquide à travers les mailles du papier joseph le plus homogène ; on se sert alors de filtres à autant de doubles de papier que l'on juge convenable d'employer pour s'opposer au passage de ces substances. En effet, lorsque toutes ces feuilles humectées de liquide se sont appliquées et presque collées les unes contre les autres, leurs mailles respectives s'entre-croisent ; et on obtient un nouveau tissu dont les mailles sont d'autant plus étroites que les feuilles de papier superposées sont plus nombreuses.

133. Le col de l'entonnoir s'adapte si bien à l'ouverture du goulot des flacons, surtout lorsque le liquide en mouille la surface, que l'air de l'intérieur ne pouvant trouver aucune issue, fait équilibre au liquide du filtre, et s'oppose d'une manière insurmontable à son écoulement. On a soin, pour prévenir cet accident, de placer, entre le col de l'entonnoir et le goulot, deux ou trois plis de papier, qui forment ainsi deux ou trois larges orifices béants.

On obtiendrait le même résultat, en introduisant un tuyau de paille dans le col même de l'entonnoir, que l'on tamponnerait ensuite avec du papier joseph, préalablement humecté d'un liquide analogue à celui qu'on se propose de filtrer. Le tuyau de paille donnerait passage à l'air du flacon, sans s'opposer à la filtration de la substance.

134. La filtration des liquides volatils exige des précautions spéciales. On perdrait trop, ou l'on s'exposerait à de trop graves accidents, en filtrant en plein air : or, on filtre aussi souvent des liqueurs alcooliques et éthérées que des liqueurs aqueuses. Le moyen suivant est aussi facile que peu dispendieux, lorsqu'il ne s'agit que des deux premiers menstrues : avant de placer le filtre en papier dans l'entonnoir, on introduira un tuyau de paille ou un tube de verre d'un petit diamètre dans le col, de manière que le tube dépasse, par ses deux bouts, la longueur du filtre ; on s'assurera que le filtre n'a pas été endommagé, en essayant de filtrer une petite quantité de liquide ; cela fait, on lutera le col de l'entonnoir avec le goulot du flacon, au moyen d'une substance insoluble et inattaquable par le menstrue, ou bien on les liera l'un à l'autre par une membrane animale mouillée, telle que la vessie de cochon, que l'on ficellera fortement pour la rendre plus adhérente aux surfaces du verre. On recouvrira l'ouverture de l'entonnoir

d'une membrane de ce genre, que l'on rabattra tout autour, et que l'on ficellera de même, après avoir eu soin d'en mouiller les bords. Ces sortes de tissus ont la propriété de donner issue aux molécules aqueuses, et d'arrêter les moléculas alcooliques et éthérées. On conçoit que de cette manière, et sous ce rapport, l'appareil de filtration fera l'office d'un vase hermétiquement fermé. D'un autre côté une communication constante étant établie par le tuyau da paille ou le tube de verre, entre l'intérieur du flacon et les régions supérieures de l'entonnoir, l'air de l'intérieur du flacon, refoulé par les gouttes qui tombent à travers le filtre, trouvera une issue pour venir remplacer la quantité de liquide qui aura abandonné le filtre, et pour refouler à son tour la quantité qui n'a pas encore passé de l'entonnoir dans le vase.

135. Il est un genre de filtration qui réunit les avantages de la macération (29) à ceux de la filtration même; procédé fort anciennement employé dans les arts, et auquel on a donné en dernier lieu le nom de filtration par *déplacement* (*); cette expression ne s'applique cependant en réalité qu'à une face du sujet. Dans cette opération, la poudre que l'on désire dépouiller de certains principes solubles, sert elle-même de filtre, en se tassant dans le goulot de l'entonnoir, après avoir été humectée plusieurs heures auparavant; le menstrue commence à agir par la pression qu'il exerce sur la substance et semble la chasser avant de la dissoudre. Aussi trouve-t-on que les premières portions du liquide filtré sont plus riches en principes et les dernières en dissolvant. C'est par la méthode de déplacement que l'on filtre le café à la Belloy.

136. Dans les officines pharmaceutiques, on se sert, surtout lorsqu'on traite une substance par l'éther, de l'appareil suivant (pl. 1, fig. 33): l'entonnoir est une allonge (*a*), dont l'extrémité inférieure entre à frottement dans le goulot du flacon (*f*) et en forme le bouchon usé à l'émeri. Un tube de verre (*t*) établit une communication constante entre l'air contenu dans la capacité du flacon et celui qui surmonte le liquide du filtre. Au fond de l'allonge, et tout autour du tube (*t*), on tamponne, avec du coton ou du papier, au-dessus duquel on tasse la poudre (*p*), que l'on se propose d'épuiser de ses principes solubles; on la tient humectée par le dissolvant, pendant un espace de temps déterminé par l'analogie ou l'expérience directe; on verse ensuite le menstrue au-dessus, et l'on ferme l'allonge avec un bouchon (*b*) qui a été usé à l'émeri, sur son ouverture supérieure, pour prévenir les pertes de l'évaporation.

137. Les avantages de ce procédé ne sauraient être ni généralisés ni établis *à priori*, et le phénomène qu'on a désigné sous le nom de *déplacement* n'est point dû à une loi d'un ordre nouveau. Les observations suivantes, en donnant la théorie de ce procédé, fourniront au manipulateur les moyens rationnels de ne le préférer qu'en connaissance de cause.

138. Les principes solubles, chez les végétaux comme chez les animaux, sont emprisonnés dans des vésicules imperforées, qui s'appliquent les unes contre les autres, et dont nous décrirons la formation en parlant des tissus. Les parois de ces vésicules sont plus ou moins rigides, et plus ou moins perméables à certains liquides, perméables aux uns et imperméables aux autres. Ce sont des outres microscopiques, si je puis m'exprimer ainsi, en quantité innombrable, lesquelles retiennent hermétiquement enfermés certains principes qui se sont élaborés dans leur sein. Dans les diverses phases de la végétation et de l'animalisation, ces principes se trouvent ou à l'état solide concret, ou à l'état fluide; et les intermédiaires entre ces deux états extrêmes varient de la même manière que les dégradations d'une couleur. D'un autre côté, les parois de ces utricules, exposées aux influences de certains agents soit naturels soit artificiels, à l'humidité et à l'air, par exemple, subissent des transformations intestines qui en altèrent le tissu, le désagrégent, et mettent de la sorte à nu le principe que recélait leur capacité; mais ce dernier résultat évidemment ne s'obtient qu'aux dépens de la pureté du principe, qui ne devient libre que pour se mêler, au moindre contact, avec les produits de la fermentation. En conséquence, la macération prolongée d'un organe ne détruirait les parois des tissus, qu'en compliquant la marche de l'investigation analytique.

Afin de mettre à nu le principe qu'on poursuit, le moyen le plus rationnel est donc de rompre mécaniquement les parois des cellules que la macération désagrége si lentement: la mouture et le broiement sont donc préférables à la macération la moins prolongée; car un simple lavage suffira pour enlever le principe débarrassé de ses enveloppes imperméables, et n'y tenant plus que par l'effet d'un simple contact. Or, si ce principe se trouve à l'état solide, la rapidité de la filtration ne permettra pas au menstrue de rester assez longtemps en contact, pour s'en charger au moyen de

(*) Boullay, *Journal de Pharmacie*, tome XIX, page 393. — Robiquet, *ibid.*, tome XXI, p. 113.

la dissolution; l'opération traînera donc en longueur, et demandera à être recommencée à diverses reprises. Mais en ayant soin de tenir la poudre humectée quelques heures avant la filtration, on aura par là rendu le principe soluble en le rendant liquide, et, ce qui est l'avantage spécialement signalé dans cette opération, en amenant ce principe à la forme liquide, on l'aura rendu apte à céder sous le poids du menstrue qui recouvre la couche d'organes, et à couler avant de s'être mêlé au dissolvant. Dans les premiers instants, il sera même dans le cas de passer pur de tout mélange avec le menstrue.

139. Mais à quelque degré que l'on pousse la pulvérisation de certains organes, il est indubitable, si l'on cherche à s'en assurer au microscope, que le broiement respecte un nombre assez considérable de cellules, qui dès lors restent inattaquables par la filtration; en sorte que l'extrait, obtenu avec le plus grand soin possible, ne représente jamais toute la quantité des principes que recèle le tissu. Les nombres que l'on obtient ne doivent être considérés que comme des approximations industrielles.

140. Les cellules d'un tissu ne sont pas douées du même mode d'élaboration, alors qu'elles se trouvent côte à côte dans le même organe; et partant elles ne sauraient contenir les mêmes principes et les mêmes produits immédiats. Mais rien n'est moins propre que le broiement et la pulvérisation à opérer le triage de ces compartiments microscopiques. Le dissolvant employé dans le procédé de la filtration rencontrera sur son passage des liquides hétérogènes également solubles dans les mêmes réactifs; l'extrait obtenu pourra donc être un mélange, que l'on s'exposera à prendre pour un principe unique; et le résultat obtenu induira en erreur la théorie, si l'analogie ne vient pas éclairer l'induction.

141. On conçoit déjà, par toutes ces considérations, que le procédé *du déplacement* n'offrira pas les mêmes avantages pour tous les genres de tissus; les tissus albumineux et muciagineux, que l'on ne peut réduire en poudre, absorberont le dissolvant sans rien céder à la filtration de leurs principes. Les tissus dont les couches celluleuses sont les unes gommeuses, et les autres résineuses, se tasseront de telle sorte par l'effet de la pression, que la résine des unes protégera d'une couche imperméable les couches gommeuses qu'on cherchera à attaquer par l'eau, et les couches gommeuses ou albumineuses protégeront de la même manière les couches résineuses contre l'action des menstrues alcooliques ou éthérés. L'anatomie et l'analyse microscopique devront donc précéder et éclairer chaque opération en grand; on s'épargnera, par cette précaution, non-seulement des insuccès qui coûtent cher, et des pertes de temps qui sont toujours irréparables, mais encore des interprétations théoriques qui ne passent plus aujourd'hui.

142. Siphon. Afin que l'agitation et le renversement du vase ne fassent pas remonter, dans le liquide qu'on se propose de décanter, le précipité qu'on en a obtenu par le repos, on emploie le siphon. Cet instrument, réduit à sa plus simple expression, est un tube recourbé, ouvert par ses deux extrémités, dont l'une est tenue plongée dans le liquide du vase, et dont l'autre descend au dehors assez bas pour qu'elle se trouve toujours au-dessous du niveau. On aspire par celle-ci; la pression de l'air pousse le liquide dans le tube où se fait le vide, et le liquide, une fois arrivé à l'orifice, s'écoule par son propre poids, tant que l'autre extrémité ne donne pas issue à l'air extérieur. Il serait dangereux d'aspirer avec la bouche certains liquides que l'on se propose de décanter; dans ce cas, on remplit d'eau les deux branches du siphon, on bouche avec le doigt l'extrémité qu'on introduit dans le liquide, et on retire le doigt à une certaine profondeur; aussitôt le liquide s'écoule par l'autre extrémité du tube, et finit par entraîner à sa suite toute la quantité qu'on a besoin de décanter.

143. Une simple modification donne au siphon un avantage qui met le manipulateur à l'abri de l'inconvénient de l'aspiration, et de celui d'avoir à introduire le doigt dans un liquide. Sur la branche extérieure (*b'*) du siphon (pl. 1, fig. 26), et sur un point (*a*) inférieur à celui qui termine l'extrémité de l'autre branche (*b*), est placé un tube vertical enflé en boule à une certaine distance, recourbé au sommet, et ouvert à son extrémité (*c*). On aspire par celle-ci, en tenant l'orifice inférieur (*b'*) fermé avec le doigt, qu'on lâche, dès que la force de l'aspiration a amené le liquide jusqu'à la région du tube où il peut obéir à sa propre pesanteur. Le renflement du tube aspirant (*t*) sert de réservoir à la portion de liqueur que la force d'aspiration serait dans le cas de faire monter jusqu'à la bouche du manipulateur. Dans les laboratoires, on ne se sert que de siphons en verre.

144. La théorie du siphon est celle d'une pompe aspirante, dont chaque couche de liquide, qui coule, en obéissant aux lois de la pesanteur, fait

Digitized by Google

l'office de piston, à l'égard de la couche suivante.

145. On se sert encore, pour la décantation, de certaines formes de bocaux qui remplacent avec avantage les siphons. Ce sont des bocaux ordinaires, sur la paroi desquels, et à une distance du fond du vase déterminée par l'épaisseur de la couche qu'on espère obtenir de la précipitation, on a pratiqué une ouverture tubulée, que l'on débouche, dès que le dépôt a cessé de se former; le liquide qui le surmonte se décante presque sans agitation. Les arts industriels sont dans le cas de tirer un grand parti de ces sortes de vases; dans le laboratoire, on agit sur des quantités trop petites, pour en avoir en général besoin.

146. La CRISTALLISATION est une précipitation lente, régulière, et qui affecte des formes caractéristiques et constantes; elle est le résultat du refroidissement de la liqueur, de son évaporation spontanée ou artificielle, et quelquefois celui de l'influence de la lumière ou de l'obscurité. Le dépôt qu'on observe dans un liquide trouble et d'un aspect louche ou coloré, n'est pas par cela même une cristallisation; c'est la précipitation des molécules que le liquide tenait en suspension et qui en altéraient la transparence.

147. La cristallisation a lieu toutes les fois que le menstrue ne peut plus dissoudre la substance. Elle a lieu par refroidissement, à l'égard des substances insolubles ou peu solubles dans un liquide à froid, et plus ou moins complètement solubles dans le même liquide, soumis à une certaine température. Elle a lieu par évaporation, pour toutes les substances, lorsque la saturation du menstrue par la substance est arrivée à ses dernières limites. Il est des substances qui ne cristallisent jamais, au moins avec des formes appréciables au goniomètre, par les procédés ordinaires du laboratoire, et que nous trouvons parfaitement cristallisées dans les entrailles de la terre, ainsi que dans le sein des organes des végétaux et des animaux; tels sont, par exemple, les jolis cristaux de phosphate et d'oxalate de chaux, dont nous aurons à nous occuper à la fin de cet ouvrage. C'est que le grand jour et la lumière du laboratoire ont une tout autre influence que l'obscurité du sol ou celle d'un tissu. La lumière, en effet, ce fluide insaisissable, est une puissance que rien ne saurait compenser. On arrive à favoriser la cristallisation de ces substances rebelles, en les plaçant dans des circonstances analogues à celles de leur organisation; on enveloppe, par exemple, le flacon qui renferme le menstrue d'une couche obscure, en laissant accès à la lumière sur l'une ou l'autre face, soit par une ouverture circulaire, soit par une fente horizontale ou longitudinale. La cristallisation ne tarde pas à se manifester en se polarisant pour ainsi dire avec le rayon qui pénètre le liquide.

148. Par la cristallisation, les substances s'isolent avec une pureté bien supérieure à la précipitation la plus homogène; car l'association des molécules ne se fait plus ici, en vertu des lois de la pesanteur, mais en vertu d'une espèce d'élection que nous désignons sous le nom d'affinité réciproque (*similis similem quærit*). Cependant ce n'est pas à dire que, dès que la cristallisation s'opère, la substance qui reprend cette forme, se trouve déjà, et par ce seul premier fait, à l'état d'une pureté complète, et sans mélange d'aucune autre. La cristallisation n'exclut pas le mélange, bien au contraire; seulement elle le suppose accompli avec une rigoureuse régularité, et partant susceptible d'offrir à l'analyse des nombres constants. Nous savons, par exemple, que l'eau rentre, en proportions définies, dans la cristallisation régulière de toute substance, à laquelle elle servait auparavant de menstrue; et que sa présence imprime même à la cristallisation des formes caractéristiques. Cette proportion d'eau prend le nom d'*eau de cristallisation*.

149. Mais lorsque l'eau dissout un certain nombre de substances, il est évident qu'elle ne saurait entrer dans la cristallisation de l'une d'elles, qu'en sa qualité de menstrue de toutes les autres. En effet, son affinité pour toutes peut bien n'être pas égale pour chacune d'elles, mais elle ne saurait jamais devenir tout à fait nulle pour quelques-unes; sans quoi ces quelques-unes se précipiteraient aussitôt, ce qui n'est pas dans l'hypothèse. Il faut donc que la cristallisation qui s'opère la première de toutes, recèle dans son sein une certaine quantité de toutes les autres, quantité d'autant plus considérable que le liquide en était plus saturé. Afin donc de diminuer la quantité du mélange, on décantera le liquide, on redissoudra la cristallisation dans l'eau pure, et on fera cristalliser de nouveau. L'eau pure se saturant de nouveau de ce mélange, il est évident que l'eau de cristallisation en possédera une moins grande quantité; mais elle en possédera cependant une quantité quelconque, que de nouvelles cristallisations diminueront successivement sans doute, sans pourtant pouvoir la réduire à zéro; la pureté complète est en effet aussi impossible en réalité que le vide parfait. Mais nous jugeons que la cristallisation est parvenue à toute la pureté pos-

sible, lorsque le mélange est réduit à une quantité presque inappréciable à nos moyens d'observation.

150. On donne le nom d'*eaux mères* à la portion du liquide décanté, dont on ne peut plus retirer que des cristallisations confuses et impures.

151. Mais ce que nous venons de déduire de l'observation à l'égard de l'eau faisant l'office de menstrue, doit être vrai à l'égard de tout autre menstrue. Si ce phénomène est inhérent au mécanisme de la cristallisation, il doit nécessairement se manifester, quel que soit le dissolvant. Si donc la cristallisation a lieu dans un acide, nous aurons un *acide de cristallisation*; dans un alcali, nous aurons un *alcali de cristallisation*; dans une substance oléagineuse, *une huile de cristallisation*; enfin dans l'alcool et dans l'éther, un *alcool* et un *éther de cristallisation*. Ces dénominations peuvent paraître bizarres à cause de leur nouveauté; mais la conséquence est rigoureuse, le résultat doit être identique; et cette observation est d'une portée immense en chimie organique; elle donnera la solution de ces milliers d'anomalies que l'on introduit, sous des noms spécifiques, de jour en jour en plus nombreux, dans les catalogues de la science. Car à l'égard de certaines substances qui ne se dissolvent que dans un seul genre de menstrue, et qui se décomposent, lorsqu'on emploie la chaleur pour les en dépouiller, comment constater le mélange, si ce n'est par l'interprétation logique des phénomènes?

152. Ainsi la résine précipitée de l'alcool qui la dissolvait n'offrira pas les mêmes caractères que la résine précipitée de l'éther, d'un acide, ou de l'alcali volatil. Il faut en dire autant des graisses et des huiles, de l'albumine, etc. L'une en effet possédera un *éther de cristallisation*, l'autre un *alcool de cristallisation*, et l'autre un *acide* ou un alcali remplissant une fonction analogue; mélanges que rien, dans nos procédés actuels, ne saurait démêler, mais dont la nouvelle méthode nous apprendra à nous rendre compte, et qui, dans l'ancienne, ont apparu souvent à l'œil de l'observateur, avec les caractères d'un nouvel acide, d'un nouvel alcali, d'une substance douée d'une fluidité ou d'une fusibilité plus ou moins grande que telle autre.

153. Nous donnerons, dans le cours de cet ouvrage, le nom de *centres de cristallisation*, aux molécules du menstrue dont nous venons de parler, et qui servent, pour ainsi dire, de noyau et de matrice à la *cristallisation de la substance*. Nous renvoyons à la fin de l'ouvrage l'exposition des idées sur lesquelles se fonde cette dénomination.

154. Les formes cristallines que nous distinguons à l'œil nu sont des combinaisons superficielles d'angles de diverses ouvertures et de surfaces, planes en général ou affectant rarement une légère courbure. L'ouverture des angles, jointe au nombre de surfaces, forme le caractère spécifique des cristaux. On détermine l'ouverture des angles au moyen du goniomètre d'Haüy, qui est le plus simple, ou des goniomètres à réflexion, dont Wollaston a donné le premier modèle, et qui, dit-on, fournissent des résultats plus précis. Le goniomètre d'Haüy est une lame formant moitié de cercle gradué, au centre duquel pivote une règle de la longueur du diamètre même. On introduit le cristal entre la moitié extérieure de la règle et la moitié correspondante du diamètre fixe, de manière que l'arête de l'angle que l'on se propose de mesurer corresponde au centre du cercle, et on lit l'ouverture de l'angle sur la portion opposée de circonférence que limite l'autre moitié de la règle.

Les inégalités et les défauts que l'on remarque assez fréquemment sur les surfaces des cristaux, peuvent, il est vrai, influer sur l'inexactitude des indications. Cependant, à force de prendre des mesures et des moyennes, on arrive, avec ce simple appareil, à des résultats d'une suffisante précision.

155. Il ne rentre pas dans les prétentions du présent ouvrage de décrire et de figurer les *goniomètres à réflexion*, c'est-à-dire ceux qui donnent l'ouverture des angles, en présentant successivement les faces d'un cristal, au même rayon lumineux. Nous pensons que l'on a beaucoup exagéré leur supériorité sur l'autre; et que l'on a vu dans la supériorité de leur exécution la supériorité de leurs indications, et dans la précision d'un résultat isolé, un caractère qui suppose la constance et l'homogénéité de toutes les surfaces de même nom. On aurait dû voir que plus l'instrument est précis, et plus les défauts de l'objet observé doivent acquérir d'importance; que les inégalités de surface, qui font dévier l'équerre d'Haüy, feront dévier bien davantage le rayon réfléchi chez les autres goniomètres; qu'enfin, avec l'un ou l'autre instrument, il n'en faudra pas moins avoir recours, en dernière analyse, aux moyennes qui compensent les erreurs en plus avec les erreurs en moins, et rapprochent ainsi

Digitized by Google

la donnée de son expression essentielle. S'il en est ainsi, comme nous le démontre la divergence des observateurs, qui nous ont donné les mesures des angles d'une même espèce de cristal, obtenues avec des instruments de précision, le goniomètre primordial possède deux avantages sur les goniomètres modernes : celui de la simplicité et celui de la modicité du prix.

156. Une combinaison de nature différente, dont la cristallisation affecte la même forme qu'une autre combinaison, et qui peut se substituer à elle, sans qu'aucun signe extérieur avertisse l'œil de la substitution, est dite substance *isomorphe* avec celle-ci. Ainsi l'iodure de potassium, et le chlorure de la même base sont *isomorphes*, et cristallisent tous les deux en cubes. L'*isomorphisme* suppose l'identité des proportions entre la base et l'acide de l'un et de l'autre sel.

157. Les corps de nature différente et de même composition, mais qui cristallisent sous des formes différentes, ont reçu des chimistes le nom de corps *isomères* ou *isomériques*; on aurait dû les nommer *hétéromorphes*.

158. Il ne saurait exister de *corps polymorphes*, c'est-à-dire des corps d'une composition et d'une nature donnée, qui affectent des formes de cristallisation différentes et variables. Le *polymorphisme* ne saurait être qu'un résultat de l'imperfection de nos méthodes d'investigation, à qui il arrive fréquemment de confondre sous la même dénomination des substances diverses, observées même en quantité appréciable.

Les progrès de la chimie organique nous apprendront tôt ou tard que bien des substances isomériques ne sont que des substances *polymorphes*, en nous faisant découvrir les divers centres de cristallisation ou de précipitation (148), qui imprimaient à la même substance des formes différentes.

159. Puisque tant de causes accidentelles sont dans le cas d'apporter des perturbations à la cristallisation normale d'un corps, on conçoit que, malgré les progrès qu'a faits la science depuis qu'Haüy l'a créée, elle doive se trouver, encore de nos jours, dans un état peu avancé; et il est vrai de dire qu'à part les substances minéralogiques, et encore celles dont les cristaux affectent des dimensions assez grandes, il est encore une foule de corps appartenant aux trois règnes, dont le mode de cristallisation n'a pas été déterminé d'une manière suivie, et par des procédés rigoureux. De même qu'on jette au rebut, dans nos jardins botaniques, les plantes à qui la culture imprime des formes non inscrites au catalogue, et que le descripteur voit des dégénérescences capricieuses dans une variation dont il devrait rechercher la loi, comme le fait l'astronome qui, bien loin de dédaigner l'étude des perturbations, ne s'endort, au contraire, qu'après en avoir formulé la valeur et l'origine; de même, le chimiste a vu des caprices dans les variations des formes cristallines des substances organiques, au lieu de s'appliquer, par la synthèse, et en les reproduisant de toutes pièces, à en déterminer les éléments.

160. Nous aurons plus d'une occasion, dans le cours de cet ouvrage, de fournir des exemples de l'utilité de cette étude.

161. Pour obtenir des cristaux en moins de temps par la cristallisation spontanée, on se sert de bocaux (pl. 1, fig. 20); ou de terrines, ou mieux de larges soucoupes et capsules, que l'on remplit du liquide concentré, qui sert de menstrue, et qu'on recouvre d'une gaze ou d'une feuille de papier percée de mille trous, pour arrêter la poussière au passage; on tient les vases exposés dans des lieux secs, à un grand courant d'air. Mais ce moyen ne saurait convenir aux extraits fermentescibles, parce que la fermentation est susceptible d'altérer ou de modifier les substances cristallisables qui appartiennent au règne organisé.

CHAPITRE V.

ÉLIMINATION.

162. L'ÉLIMINATION est le procédé inverse de la PRÉCIPITATION. Dans celui-ci on isole par la pesanteur; dans l'autre, par la volatilisation; dans l'un on recueille et on concentre, dans l'autre on évapore; par l'un, on place la dissolution dans des circonstances propres à provoquer et à favoriser le départ du menstrue et de la substance (27); dans l'autre, on isole la substance, en chassant le menstrue ou un des éléments du mélange; pour effectuer enfin l'élimination, on soumet un corps donné à l'ÉVAPORATION, à la DESSICCATION et à la CALCINATION. Nous allons décrire ces procédés, ainsi que les vases et ustensiles que chacun d'eux réclame.

163. ÉVAPORATION. L'évaporation a pour but d'éliminer un menstrue volatil, et d'obtenir la substance fixe à l'état solide ou liquide, mais sans mélange de celle qu'on a en vue d'éliminer. Nous

avons déjà fait observer (57) que ce dernier résultat est moins réel que théorique, et que la théorie induirait en des écarts considérables, si elle continuait à ne pas tenir compte de la réalité. Quoi qu'il en soit, l'opération est terminée dès qu'on est convaincu qu'en la continuant on n'éliminerait pas une quantité de plus du menstrue.

164. Toutes les substances n'étant pas volatiles au même degré de température, les procédés d'évaporation varient selon la nature des dissolutions. On évapore à froid, on évapore à chaud, et enfin on évapore dans le vide. Dans l'une ou l'autre de ces trois opérations, on place la substance dans une capsule (pl. 1, fig. 36) en verre ou en porcelaine d'une dimension convenable : c'est un vase en calotte de sphère, très-évasé, peu profond, muni d'une rigole pour transvaser les liquides, à parois assez minces, pour que la chaleur puisse se répartir également sur toute la surface, et prévenir les accidents qu'occasionnent, sur ces sortes de vases, les variations brusques de la température. On ne fait usage des capsules d'argent et de platine que lorsqu'on opère sur certaines substances et en petite quantité.

165. Dans l'*évaporation à froid*, on se contente d'exposer à un courant d'air convenable la capsule recouverte d'une gaze ou d'une feuille de papier qu'on a criblée de petits trous avec une épingle.

166. Pour *évaporer à chaud*, on place la capsule sur un fourneau soutenu par un trépied, ou mieux sur un bain de sable et un *bain marie*. On désigne, sous le nom de *bain de sable* une terrine ou capsule de grès (pl. 1, fig. 25 *t*) remplie de sable fin et pur de toute substance décomposable par le feu ; à Paris, on pulvérise les grès de Fontainebleau pour avoir un sable pur de tout mélange. Dans le *bain-marie* l'eau ordinaire remplace le sable. On tient la capsule évaporatoire plongée jusqu'à une certaine profondeur dans l'eau ou le sable de la terrine que l'on a placée sur le fourneau, et on a l'espoir de cette manière de maintenir l'évaporation au même degré de température, que l'on évalue au thermomètre ou à l'ébullition. Lorsqu'on se sert du bain de sable, et qu'on désire évaluer le degré de température, sans introduire le thermomètre dans la *capsule évaporatoire*, on en place à côté d'elle une autre remplie d'eau, dans laquelle on fixe à demeure un thermomètre isolé et gradué sur verre.

167. On évapore dans le *vide*, selon le procédé de Leslie, en plaçant la capsule évaporatoire sous le récipient de la machine pneumatique, à côté d'une autre capsule contenant une quantité suffisante, ou d'acide sulfurique, ou de chlorure de chaux, enfin d'une substance avide d'eau ou du menstrue qu'on veut éliminer. Sans produire le vide par le piston, il est évident que les vapeurs qui se dégagent spontanément se trouvant reprises par une substance qui se les assimile, l'évaporation ne manquerait pas de se réaliser dans ce lieu clos aussi complétement qu'à l'air libre. Mais pour imprimer une marche plus rapide à l'opération, on donne de temps à autre quelques coups de piston, avec assez de précaution pour que la violence de l'air condensé dans le menstrue ne pousse pas au dehors le liquide, et l'on s'arrête même dès que le mercure du baromètre de la machine est descendu à deux pouces. Il faut avoir soin de n'employer l'acide sulfurique qu'en quantité telle, qu'il ne puisse pas déborder, lorsque son volume aura grossi de toute la quantité de vapeur qu'il doit absorber.

168. L'*évaporation à chaud* est capable d'altérer et de décomposer même certaines substances ; l'*évaporation à froid* ne convient nullement aux substances dans lesquelles la fermentation est capable de s'établir ; l'*évaporation par le vide* réunit, pour toutes les substances, les avantages respectifs de l'*évaporation à chaud* et de l'*évaporation à froid* ; elle soustrait également la dissolution aux influences prolongées qui font naître la fermentation, et à l'élévation de température qui altère certaines substances.

169. Une substance organique s'altère d'autant plus, par l'effet d'une haute température, qu'elle approche davantage de l'état de dessiccation ; on la voit alors se colorer d'une manière plus intense, s'écailler, se racornir. Il est prudent de retirer la capsule évaporatoire, du bain de sable, dès que ces premiers symptômes commencent à se manifester.

170. Afin de soustraire la dissolution aux vapeurs d'eau du bain-marie, on remplace avec avantage la capsule évaporatoire par une cornue en verre (pl. 1, fig. 24 *co*), ou bien on se sert de vases à double fond, dont le supérieur sert de capsule évaporatoire, et sur les parois desquels est adaptée une tubulure pour donner issue aux vapeurs, que l'on peut détourner encore davantage au moyen d'allonges et de tubes de verre ; mais dans les petits laboratoires, ces ustentiles seraient des objets de luxe. L'industrie varie la forme et les dimensions du bain-marie, selon les besoins et les ressources locales ; il n'entre pas dans les attributions du présent ouvrage de nous occuper de ces modifications.

171. Dans les phases d'une évaporation quelconque, et par quelque procédé qu'on l'opère, il se présente un phénomène sur lequel j'ai intérêt de fixer l'attention du lecteur. On remarque en effet que les quantités de menstrue, qui se vaporisent dans un temps donné, sont d'autant moindres qu'on approche le plus du point où doit s'arrêter l'opération. Qu'on expose à l'air, par exemple, une dissolution alcoolique ou éthérée, l'évaporation de la masse de menstrue se fera avec une rapidité qui mettra le liquide dans un mouvement violent; mais ce mouvement se ralentira à une certaine époque, et l'évaporation se fera alors avec toute la lenteur qui caractérise une solution aqueuse; après vingt-quatre heures d'exposition à l'air, il est telle substance qui conservera encore des quantités de menstrue appréciables à l'œil et à l'odorat. Suivons, par l'analogie, cette progression, à l'instant où elle semble disparaître à nos sens, et nous serons forcés de conclure que le menstrue n'est pas éliminé de la substance, par cela seul que la quantité combinée n'est plus appréciable par des signes extérieurs; mais que sa présence est dans le cas d'imprimer, à la substance évaporée, des caractères que nous nous croirons autorisés de considérer comme des caractères *sui generis*, faute de pouvoir en constater l'origine par des contre-épreuves positives. Cette expérience vient à l'appui de ce que nous avons déjà eu occasion de faire observer, au sujet des dissolutions dont les éléments, à un certain degré de concentration, réagissent les uns sur les autres, comme les éléments des combinaisons les mieux caractérisées. En effet, si la rapidité de l'évaporation d'un menstrue décroît à mesure que la quantité de la substance augmente, il faut bien que ce phénomène soit le résultat d'une réaction de la substance elle-même sur le menstrue, le résultat enfin d'une réciproque affinité; et en suivant la progression tracée par l'expérience directe, il est impossible de prévoir l'époque à laquelle il serait permis de considérer la substance, comme débarrassée entièrement des molécules du menstrue.

172. L'EXTRAIT, *extractum*, *eductum*, est un mélange de substances qu'on a obtenues, par l'évaporation du menstrue qui les tenait également en dissolution.

173. La DESSICCATION est le complément de l'évaporation. Elle a pour but de débarrasser la substance, sans s'exposer à l'altérer, des dernières molécules du menstrue dont il est possible de la dépouiller. On emploie à cet effet une chaleur plus douce, et l'on remplace le *bain de sable* ou le *bain-marie* par l'*étuve*, espèce de chambre close, dont les dimensions varient, depuis celles d'une chambre ordinaire, jusqu'à celles d'un coffre d'un pied carré, et que l'on chauffe, dans le premier cas, par les tuyaux d'un poêle, et, dans le second, avec une simple lampe ordinaire placée sous le fond du coffret. On dispose les capsules évaporatoires sur des étagères espacées, et l'on ménage au dehors une issue à la vapeur. Dans certains climats, la chaleur de l'atmosphère ou celle du soleil suffit à l'étuvage, et une couche de son ou de mauvaise farine y fait l'office du chlorure de chaux.

174. La dessiccation est d'autant plus prompte et plus complète, que la substance a été préalablement étendue en couches plus minces et sur des vases moins profonds.

175. Dans cette opération, les indications de l'hygromètre remplacent celles du thermomètre. Par l'*évaporation*, on se propose de débarrasser la substance de son menstrue, en vaporisant celui-ci; par l'*étuvage*, on active l'évaporation en chassant de l'atmosphère les vapeurs, à mesure qu'elles se forment. Dans l'une, si je puis m'exprimer ainsi, on chauffe les parois des vases, et dans l'autre, seulement la capacité.

176. La CALCINATION ou le GRILLAGE, c'est l'évaporation et la dessiccation appliquées aux substances indécomposables par l'action du feu. Les vases évaporatoires qui servent à cette opération sont les *creusets* ou les *têts*. Le *têt* est l'analogue de la capsule; c'est un vase de même forme, mais fait en pâte de grès réfractaire; on le place sur la grille d'un fourneau ouvert (pl. 1, fig. 25 *f*). Le creuset (pl. 1, fig. 14) est un vase du même grès, plus profond, cylindrique à la base, triangulaire à l'ouverture, que l'on recouvre d'un couvercle de même pâte (*a*), lorsqu'on se propose de soumettre la substance à un feu de forge, et de tenir le creuset plongé dans des charbons incandescents. On a aussi des creusets en platine pour les expériences les plus délicates. En chimie organique, on se sert de ceux-ci pour l'incinération d'une substance. On calcine à diverses températures que l'on désigne par la couleur que le vase ou la substance y prennent: au *rouge*, au *rouge-cerise*, au *rouge blanc*, etc. Il est des substances dont la calcination serait trop longue, si l'on ne remuait constamment le mélange avec une *spatule* de métal non attaquable par lui.

177. Les vases qui servent à calciner certains corps, servent aussi à la fusion de certains métaux ou alliages, et à l'oxydation de certains autres. Il est des métaux qui, fondus au contact de l'air, se transforment en oxydes par toute la surface externe de la masse; tel est le plomb, qui finit par devenir entièrement litharge pulvérulente, si l'on s'avise de remuer, avec une spatule, le plomb en fusion, jusqu'à ce que toute la masse se soit changée en poussière. On prévient cet effet, lorsqu'on n'a d'autre but que de fondre le métal seul ou à l'état d'alliage, en lutant avec de l'argile le couvercle à son creuset, et tenant le vase plongé dans les charbons incandescents.

178. La calcination des substances organiques produit sur elles deux effets analogues à la réduction et à l'oxydation, qui prennent, dans *cette branche de la chimie*, les noms de *carbonisation* et d'*incinération*.

179. La CARBONISATION a pour but d'éliminer, par l'élévation de la température, tous les éléments gazeux de la substance, et d'obtenir le carbone mêlé aux sels et bases fixes, avec lesquelles il se trouvait associé, en vertu des lois de l'organisation.

180. L'INCINÉRATION a pour but d'éliminer non-seulement les éléments gazeux de la combinaison organique, mais encore le carbone lui-même, en le transformant, par son oxydation, en gaz acide carbonique gazeux, de manière à n'obtenir du végétal que les cendres, c'est-à-dire le mélange des sels et des bases qui se trouvaient, à un état ou un autre de combinaison, dans la charpente de l'organe incinéré.

181. La CARBONISATION s'opère en vase clos, c'est-à-dire dans un vase qui donne issue aux produits gazeux et aux vapeurs, et nullement accès à l'air extérieur. Tout le monde connaît les procédés des charbonniers, qui, obligés d'opérer sur de grandes masses, disposent les bûches de bois en cône, ménageant au centre une cavité qui sert de fourneau, laquelle prend l'air à la base et rend la fumée au sommet; ils recouvrent le tas d'une chemise de terre qui fait l'office du vase clos, et protége le bois contre l'action de l'air extérieur.

182. L'INCINÉRATION s'opère en vase ouvert, et avec d'autant plus de succès et de rapidité que la substance est exposée à l'action de l'air ambiant sur une plus large surface. La forme du creuset convient mieux à la carbonisation; celle du têt à l'incinération. On remarque que certaines substances organiques sont plus difficiles à incinérer que certaines autres; ce sont principalement les substances organisées, dans la structure desquelles, déjà si compliquée par elle-même, rentrent des combinaisons inorganiques nombreuses et variées; ainsi la gomme s'incinère moins facilement que l'amidon, l'alumine moins facilement que la gomme, etc.; cela tient à ce que les produits salins de l'incinération des premières couches de la substance venant à tapisser la surface entière des couches suivantes, font pour elles l'office du vase clos, favorisent la carbonisation, mais rendent impossible toute incinération ultérieure. Les phosphates solubles, et surtout le phosphate d'ammoniaque, produisent spécialement ce résultat. En effet, le feu élimine l'ammoniaque, et l'acide phosphorique libre, qui est fixe, se répand, en une croûte imperméable à l'air, sur toute la surface charbonnée. Dans ce cas, on a soin de remuer et de briser souvent la masse, d'enlever le vase tout rouge du feu, afin que l'air ambiant pénètre la substance par suite de l'abaissement de la température; et l'on n'abandonne l'opération que lorsque les cendres n'offrent plus de points noirs, indices de molécules charbonneuses. On doit éviter d'exposer le vase aux courants d'air, qui ne manqueraient pas de projeter au loin les particules salines les plus ténues.

183. Les produits de l'incinération ne représentent nullement l'état de combinaison des corps dans l'organisation de la substance. La désorganisation des tissus met en présence des sels que l'organisation tenait à distance; la fusion des sucs leur fournit un dissolvant; le contact favorise les doubles décompositions et les mélanges; l'élévation de température amène les transformations, et l'on obtient, en dernier résultat, après l'opération complète, des sels nouveaux, dont il serait impossible de découvrir la moindre trace, en analysant une macération et une dissolution obtenue à froid (23). Telle est l'origine des carbonates, dont peut-être pas une seule espèce ne préexistait dans l'organe avant l'incinération; ils se forment, soit aux dépens de l'acide carbonique que produit l'oxydation du carbone du tissu, soit par l'élimination de l'hydrogène de certains acides organiques déjà combinés dans le tissu à des bases terreuses, et que l'action du feu transforme en carbonates; c'est le cas des tartrates, des oxalates, des acétates.

184. L'effet général de la *carbonisation* et de

l'*incinération* prend le nom de *décomposition*. On dit : *cette substance se décompose au feu, elle se décompose à une température plus ou moins élevée*, pour exprimer que, sous l'influence de la chaleur, elle a perdu ou modifié sa structure normale. La décomposition précède la carbonisation, l'incinération complète la décomposition. On recueille les produits de la décomposition; on les élimine complétement par l'incinération. Les sels se décomposent comme les organes; il suffit pour cela que l'un ou l'autre de leurs éléments soit volatil à une certaine température. (*Voy.* le chapitre VIII.)

185. La DÉSORGANISATION est aux tissus ce que la décomposition est aux sels ou aux substances organiques; c'est un déchirement plutôt qu'une désassociation. L'acide le moins énergique désorganise, le feu décompose. La désorganisation frappe de mort l'organe, sans en transformer chimiquement les produits. La désorganisation suppose une soustraction et non une élimination. L'acide sulfurique concentré, dont l'avidité pour l'eau est si grande, désorganise la peau et les autres tissus, en s'emparant des molécules aqueuses qui forment l'un des éléments de leur structure.

186. La DÉSAGRÉGATION est un isolement plutôt qu'une altération des molécules appréciables à la vue ou au microscope. La DÉSASSOCIATION est l'isolement des molécules invisibles. La désagrégation réduit un mélange terreux en poudre, un tissu en globules, de manière que chaque particule inorganique ou organisée soit une unité; la désassociation réduit ces molécules en gaz ou les transforme en liquides. La mouture désagrége les tissus en farine, comme le broyage pulvérise les minéraux en molécules intégrantes.

CHAPITRE VI.

DISTILLATION.

187. Dans les manipulations précédentes on néglige ou l'on perd le menstrue et les produits de l'élimination; on ne s'attache qu'au résidu. Par la DISTILLATION, on s'applique au contraire à recueillir le menstrue et les produits, pour les faire servir à de nouveaux usages, ou pour les soumettre à une étude spéciale. C'est un transvasement (142) de gaz et de vapeurs, à mesure qu'il s'en forme. Le vase où s'opère la volatilisation et la gazéification se nomme *cornue* ou *cucurbite;* le vase où se condensent les produits gazeux, que l'on doit recueillir à l'état liquide ou solide, se nomme *récipient;* l'appareil en entier prend le nom d'*alambic*, lorsqu'il est à demeure et qu'il fonctionne en grand; il prend celui d'*appareil distillatoire* ou de *distillation*, lorsqu'on le construit pour les besoins d'une expérience de laboratoire, et surtout avec des pièces qui sont dans le cas de servir à toute autre destination.

188. L'ALAMBIC ordinaire a la forme générale dans laquelle rentrent les pièces figurées sur la pl. 1 (fig. 1, 2, 3, 4). Ses dimensions varient selon les besoins de la consommation; le métal qu'on emploie à sa construction est un cuivre étamé à l'intérieur.

La cucurbite (fig. 1, *cc*) en cuivre étamé, renferme le liquide à distiller jusqu'aux trois quarts environ de sa capacité. On la place dans un fourneau à cheminée latérale, analogue à nos petits poêles à couvercle, de manière qu'enfoncée jusqu'au rebord (*rr*), elle ferme l'ouverture du fourneau hermétiquement; les deux anses (*aa*) permettent de l'enlever et de la replacer à volonté. La tubulure (*t*) sert à introduire une nouvelle quantité de liquide dans la cucurbite, pendant que l'appareil est en fonction.

Le *chapiteau* en étain (fig. 2, *c*) s'enfonce par son rebord inférieur (*e*) dans la gorge (fig. 1, *g*) de la cucurbite. On le saisit d'une main par le *bec* (*b*), et de l'autre par l'anse (*a*). Le chapiteau est recouvert, au sommet, d'un fond légèrement concave (*f*), muni à son centre d'une ouverture, par laquelle on introduit les liquides, lorsqu'on distille au *bain-marie*. Le *bec* (*b*) s'adapte dans le tuyau (*tu*, fig. 3) du *serpentin*.

Le *serpentin* (fig. 3) se compose d'un seau en cuivre étamé rempli d'eau ordinaire, que traverse, en tournant en spirale, d'où vient son nom de serpentin, le tuyau (*tu*), avant de se rendre au robinet (*ro*), qui le termine, et qui donne issue au liquide distillé. Le robinet (*ro'*) sert à laisser écouler l'eau du seau, lorsqu'on désire la remplacer par une eau plus froide.

189. Supposons maintenant ces trois pièces disposées dans l'ordre que nous venons de dire : le *chapiteau* (fig. 2) s'emboîtant dans la gorge de la *cucurbite* (*g*, fig. 1) par sa base (*e*), et dans l'orifice supérieur du serpentin (*tu*, fig. 3) par l'extrémité de son bec (*b*). Les parois de la cucurbite, chauffées par la flamme qui circule autour

d'elle communiqueront rapidement la chaleur au liquide, qui se formera en vapeurs. Celles-ci se rendront vers la fond supérieur (*f*) du chapiteau, et de là dans le bec (*b*), et puis dans la capacité du serpentin, qui leur offrira une température beaucoup plus basse, non-seulement à cause de sa distance de la cucurbite et de sa conductibilité pour le calorique, mais encore à cause du milieu réfrigérant qui mouille sa surface externe; là les vapeurs se condenseront de nouveau en liquide, et arriveront sous cette forme par le robinet (*ro*), dans les flacons en verre ou en porcelaine, qui servent à les recueillir, et qui font l'office de récipient. Ce liquide se nomme le liquide distillé. Lorsque l'eau du seau (fig. 3) s'est échauffée, on a soin de le vider par le robinet (*ro'*) et de le remplir d'une nouvelle quantité d'eau froide. Il est inutile de faire observer que les ouvertures *t* et o (fig. 1 et 2), doivent être tenues bouchées avec du liége, pendant la durée de la distillation (*).

190. Quant aux liquides dont les principes seraient dans le cas de s'altérer, par la haute température que peut atteindre la cucurbite, on les distille au *bain-marie*. On place à cet effet le liquide à distiller dans le seau en cuivre étamé (fig. 4, *bm*), que l'on enfonce jusqu'à son rebord (*rr*) dans la capacité de la cucurbite (fig. 1); on remplit d'eau le double fond, c'est-à-dire l'espace intermédiaire entre les parois internes de la cucurbite, et les parois externes du *bain-marie* (*b m*); on recouvre le *bain marie* (fig. 4) avec le chapiteau (fig. 2), et on chauffe la cucurbite comme à l'ordinaire. De cette manière le liquide à distiller est exposé constamment à la température de l'eau, qui ne s'élève jamais au-dessus de 100° cent. Dans ce cas le liquide à distiller est introduit par l'ouverture (*d*, fig. 2) du chapiteau; et l'ouverture (*t*, fig. 1) de la cucurbite reste entr'ouvert, afin de donner issue aux vapeurs du bain.

191. Pour éviter que les vapeurs ne se condensent, en touchant le fond supérieur du chapiteau, on a soin de recouvrir celui-ci de substances peu conductrices du calorique, telle que la poudre de charbon.

192. Le bain-marie est remplacé avec avantage par un fond criblé de trous, lorsqu'on se propose de soumettre à la distillation des tiges de plantes. Le crible tient ces tiges suffisamment éloignées des parois brûlantes de la *cucurbite*, tout en laissant circuler l'eau autour d'elles.

193. Tel est l'alambic réduit à sa plus simple expression pour les manipulations industrielles; car nous ne nous occupons pas ici des perfectionnements immenses qu'on a apportés à cet instrument dans les distilleries d'eau-de-vie. Dans les laboratoires, on l'a simplifié davantage encore, en le construisant en verre; il prend alors la forme indiquée par la figure 5, pl. 1 : (cu) cucurbite qui se pose ici sur un *valet* (*v*), ou couronne tressée de paille ou de jonc; (cc), chapiteau en verre, terminé au sommet par une ouverture (o), qui sert à introduire le liquide à distiller; à sa base, le chapiteau est muni d'une rigole intérieure, qui fait saillie au dehors en une espèce de bourrelet; elle reçoit le produit des vapeurs qui viennent se condenser sous la voûte du chapiteau, et les écoule par le *bec* (*b*), que l'on adapte soit à un *serpentin* en verre, soit immédiatement au goulot d'un flacon qui sert de récipient.

194. Enfin, et dans le plus grand nombre des expériences de laboratoire, on remplace ce dernier appareil par une cornue en verre ou en grès, (pl. 1, fig. 24, co), dont la *panse* ou *ventre* sert de cucurbite, la *voûte* ou courbure supérieure de chapiteau, et le *col* de bec; celui-ci s'introduit, au moyen d'un bouchon perforé, dans un tube *(tu)* ou une allonge (*al*). L'allonge est un tube renflé vers l'extrémité, qui s'adapte au *col* de la cornue; par son extrémité opposée, elle s'introduit dans la tubulure du récipient, de la même manière que le col de la *cornue* s'introduit dans son extrémité renflée. Nous reviendrons sur les modifications de cet appareil indispensable, en nous occupant des manipulations en petit.

195. La DISTILLATION est donc une élimination, basée sur ce principe, que les diverses substances d'un mélange ou d'une dissolution se réduisent en vapeurs, à des températures moins élevées les unes que les autres, et vont reprendre leur première forme liquide ou solide, une fois qu'on les soumet à la température ordinaire. A un degré plus ou moins élevé de température, tous les corps de la nature sont volatils; mais tous les vases fondraient et se volatiliseraient à leur tour,

(*) Dans les grandes distilleries, afin de tenir le serpentin à une température constante et de régulariser la condensation des vapeurs, on se sert d'un serpentin à double fond. Le double fond donne passage à un courant d'eau froide, qui arrive directement à l'extrémité inférieure, remonte en s'échauffant de tout le calorique qu'elle enlève à la surface du serpentin, et s'écoule au dehors, à la hauteur du bec du chapiteau.

à la chaleur qu'il serait nécessaire de produire, pour réduire en vapeur certaines espèces de substances. On a donné le nom de *volatils*, aux corps qui se vaporisent à la température, à laquelle d'autres que nous nommons *corps fixes*, resteraient dans la *cucurbite*, jusqu'à siccité complète.

C'est surtout aux mélanges de substances organiques, que ces deux expressions s'appliquent. La chimie organique a des *huiles fixes* et des *huiles volatiles*, c'est-à-dire des *huiles* qui restent dans la *cucurbite*, pendant que les autres se vaporisent et vont se condenser dans le récipient, sans perdre une seule des propriétés qui les distinguent. La distillation fait, de cette sorte, le départ des deux principes d'un mélange, qu'aucun autre procédé ne serait dans le cas d'isoler avec autant de netteté. Si, lorsque le départ est complétement terminé, on continue à soumettre l'*huile fixe* à l'action de la chaleur, les particules de l'*huile fixe* se vaporisent à leur tour, et vont se condenser dans le récipient, mais avec des caractères qu'elles n'avaient point dans la *cucurbite*, et qui en font, à chaque phase de la distillation, tout autant de substances *sui generis*; il en est de même de la portion de l'huile qui reste dans la *cucurbite*, et cela jusqu'à la carbonisation et à l'incinération du résidu. La distillation n'a lieu en cette circonstance que par décomposition; et sa dernière phase n'est plus une simple vaporisation, mais une gazéification. La portion réellement fixe se compose de sels, qu'en se gazéifiant, le charbon abandonnerait, s'il était, dans la *cucurbite*, exposé à un courant d'oxygène suffisant pour se transformer en gaz carbonisés.

196. Toutes les substances organiques sont *décomposables*, qu'elles soient *volatiles* ou *fixes*, lorsqu'on les soumet les unes et les autres à un degré convenable de chaleur; la distillation prend alors le nom de *combustion*. Elles se partagent en deux portions distinctes, en sels qui restent fixes, et en gaz ou en vapeurs d'eau. Par la combustion, toutes les substances organiques se résolvent en oxygène, hydrogène et carbone, libres ou combinés entre eux. L'oxygène, d'après des expériences récentes, manque complétement dans certaines huiles essentielles; l'azote accompagne ces trois corps dans la combustion de certaines autres substances organiques; plus rarement le soufre et le phosphore se combinent avec ces produits gazeux.

197. Par la *vaporisation* on distille les substances sans les altérer; par la *gazéification* on les distille en les décomposant en gaz.

198. Sous le rapport de la nature des substances à distiller, nous distinguerons une *distillation sèche* et une *distillation humide*; sous le rapport des produits à recueillir, nous distinguerons une *distillation solide*, une *distillation liquide* et une *distillation gazeuse*. Nous allons entrer dans quelques détails au sujet de chacune de ces éliminations.

119. Distillation sèche. Le mot seul indique suffisamment en quoi la distillation sèche diffère de la distillation humide. Dans l'une on soumet la substance à la distillation sans, et dans l'autre avec l'intermède d'un liquide. La distillation des corps inaltérables au feu (soufre, mercure, etc. a toujours lieu par la voie sèche, et la seule précaution à prendre, c'est de les préserver de l'oxydation, en les préservant du contact prolongé de l'air atmosphérique. La distillation par la voie sèche ne convient, à une basse température, qu'aux substances organiques qu'un degré de chaleur plus élevé serait dans le cas de décomposer : le camphre, l'acide prussique, etc. On applique encore ce procédé, à un degré supérieur de température, aux substances organiques qui sont dans le cas de subir, jusqu'à la carbonisation complète, une décomposition dont on désire étudier les phases et les produits successifs; on change alors de récipient à chaque produit qui apparaît avec un nouveau caractère, et l'on note le degré de température et l'ordre dans lequel il a apparu. L'étude des substances organiques par la voie sèche remonte bien haut dans l'histoire de la chimie, je dirais même dans l'histoire de l'alchimie; je doute qu'à part la nomenclature, elle ait fourni, aux modernes, quelques notions réelles que l'on ne possédât pas alors, et qu'elle ait éclairci un seul des mystères de cette transformation intestine, de cette violente désorganisation.

200. En vertu de quelles lois et dans quel ordre précis les éléments d'une substance, si homogène auparavant, se séparent, s'isolent, s'associent de nouveau en d'autres substances si variables sous le rapport du nombre, des réactions et de l'aspect? où se trouve la limite précise de chaque transformation? quel est le signe caractéristique du principe immédiat et celui du mélange? quelle est la marche à suivre, pour reproduire à une seconde et nouvelle opération, les phénomènes qu'on a pris tant de soin de noter à la précédente? Comment faire la synthèse d'une analyse aussi compliquée? Comment obtenir la preuve de la théorie, la formule enfin de cette loi?

A la place de toutes ces choses, nous ne possédons que des descriptions aussi variables que les

procédés et les circonstances, autant de différences essentielles que de descripteurs.

201. On a recours à la DISTILLATION HUMIDE, à l'égard des substances qu'il est nécessaire de tenir, pendant toute la durée de l'opération, à une température constante, ou au moins à un degré de température inférieur à celui qui serait fatal aux produits de la distillation. Tout le principe de ce procédé est fondé sur ce que les éléments de la dissolution ne se vaporisent pas, avec la même intensité, à la même température; sur ce que les uns se vaporisent avec rapidité à un degré de température à laquelle les autres restent fixes, ou ne se vaporisent qu'en une quantité qu'il est permis de négliger dans la pratique, et qu'on a espoir de diminuer par des opérations nouvelles. On distille l'eau ordinaire, pour l'obtenir dans le récipient, pure des sels terreux ou des substances organiques fixes. Cependant la pureté de l'eau distillée n'est pas tellement rigoureuse en fait, qu'on n'y retrouve des traces appréciables de certaines substances fixes, qu'elle tenait en dissolution dans la *cucurbite;* je ne parle pas de l'eau pure qu'on aurait recueillie de la distillation d'une dissolution organique; celle-ci en effet ne manque jamais d'être imprégnée d'huiles essentielles de diverse nature, d'acides libres ou de sels ammoniacaux.

202. On distille les plantes qui renferment une huile essentielle odorante ou inodore, par la distillation humide, non pour débarrasser l'huile de l'eau dans laquelle on tient la plante plongée; car l'huile essentielle surnage l'eau qui a passé avec elle dans le récipient; elle s'y épure sans s'y dissoudre, on l'en sépare facilement par le soutirage, et on soutire l'eau, soit par le siphon (142), soit par la décantation, en l'écoulant par la tubulure que l'on pratique à la base de certains récipients (145). La distillation de ces plantes dans l'eau a pour but de fournir, à chaque goutte oléagineuse, un milieu protecteur, à l'instant où l'élévation de température fait crever la vésicule qui la recèle, et de l'isoler ensuite des gommes, albumines, huiles fixes que la même cause a mises également en liberté dans le menstrue commun.

203. Il n'en est pas de même de la distillation des liqueurs spiritueuses, ni d'un liquide chargé d'un acide ou d'une base volatile. Le but vers lequel tendent tous les efforts de l'industriel et du manipulateur est d'obtenir des produits aussi exempts qu'il est possible de leur premier dissolvant, de les *concentrer*, de les *rectifier*, c'est le mot usité aujourd'hui, par de successives distillations; de *déphlegmer*, c'est le mot des alchimistes, ceux qui avaient pour dissolvant l'eau, à laquelle les alchimistes donnaient le nom de *phlegme*, dans ces sortes de dissolution. A cet effet on *cohobe*, c'est-à-dire on replace le produit du récipient dans la cornue, pour le soumettre à une nouvelle distillation; ou bien on soumet la dissolution trop étendue à la température à laquelle l'un des deux corps se congèle, pour l'isoler par la décantation de l'autre; ou peut concentrer ainsi l'alcool, l'acide acétique par la congélation de l'eau; ou bien on fait passer le mélange des vapeurs à travers des corps avides de l'une des deux substances et qui respecte l'autre, un mélange de vapeurs d'alcool et d'eau, par exemple, à travers une poudre de chlorure de chaux parfaitement sec, qui s'empare des vapeurs d'eau, et laisse passer libres les vapeurs alcooliques; ou bien enfin on fait passer le mélange des vapeurs par un *réfrigérant*, c'est-à-dire un espace tenu à une température où les unes se condensent beaucoup plus que les autres. Les perfectionnements apportés, dans ces derniers temps, au *réfrigérant*, ont augmenté les produits et abrégé la durée des distillations des liqueurs spiritueuses.

204. Nous ne saurions nous dispenser de donner une idée de la modification que Bérard a introduite dans le *réfrigérant* des distilleries. Soit la chaudière (*ch.* fig. 1, pl. 2) à fond concave, forme adoptée pour concentrer la chaleur dans le liquide spiritueux (*l*); les vapeurs d'eau et d'alcool s'élèvent par l'ébullition dans le chapiteau (*c*), et se rendent par le bec (*b*), dans le réfrigérant, caisse quadrangulaire beaucoup plus longue que large, faite en cuivre laminé. Celle-ci est divisée, dans toute sa longueur, par des plaques, qui forment des cloisons incomplètes, en s'insérant alternativement et à angle droit sur le fond supérieur et sur le fond inférieur de la caisse, en sorte que les vapeurs, pour arriver à l'orifice B, sont forcées de monter et de descendre, et partant de venir s'appliquer et se condenser alternativement contre toutes les faces de ces cloisons. La caisse est tenue plongée dans un tonneau rempli d'eau à 80 degrés environ. A cette température les vapeurs d'eau se condensent et se rendent goutte à goutte vers le fond du vase; là chaque cloison inférieure est perforée, à la base, d'une ouverture qui laisse écouler le liquide vers le robinet (*ro*), et de là dans la chaudière, où il va subir une nouvelle distillation, afin de se débarrasser de plus en plus de la quantité d'alcool que les vapeurs ne manquent jamais, en se condensant, d'entraîner avec elles. Quant

aux vapeurs d'alcool, elles se rendent libres vers l'orifice B qui les transmet au serpentin (188), nu immédiatement au récipient lequel les condense à leur tour, avec la quantité d'eau, qui échappe toujours à l'action du réfrigérant. Une nouvelle distillation réduit de plus en plus la proportion d'eau et rectifie l'esprit jusqu'au degré de concentration, auquel l'on a intérêt de s'arrêter : on achève la rectification, en distillant l'alcool sur la chaux vive ou sur le chlorure de chaux anhydre.

205. Nous avons dit que, sous le rapport des produits à étudier, nous distinguerions une *distillation* solide, une *distillation liquide* et une *distillation gazeuse*, c'est à-dire une distillation par laquelle on se propose d'obtenir des vapeurs susceptibles de se condenser sous forme solide ou liquide, à une température moins élevée, à la température ordinaire en général ; et une distillation par laquelle on se propose d'obtenir des vapeurs qui ne se condensent pas à la suite de ce procédé. La distinction des vapeurs et des gaz est toute relative : une vapeur est un gaz, dès qu'il cesse de s'en produire, et que, partant, sa tension n'augmente plus. Un gaz acquiert toutes les propriétés des vapeurs, à l'instant où il reprend sa forme ordinaire, en sortant de l'état liquide où certains procédés de condensation l'avaient ramené. Si les résultats obtenus par Thilorier, sur le gaz acide carbonique, peuvent se prêter à une application en grand, s'il est possible de se procurer dans un temps donné des quantités suffisantes de cristaux d'acide carbonique, et d'en modérer la gazéification, l'acide carbonique remplacera la puissance motrice de la vapeur d'eau, avec une économie immense et des effets prodigieux.

206. La DISTILLATION SOLIDE prend le nom de *sublimation*. Le col de la cornue en est le récipient ; c'est là que les molécules qui se subliment viennent se condenser, en général, sous forme cristalline ou amorphe, colorée ou incolore. L'arsenic, le soufre, le camphre, l'indigo, etc., sont susceptibles de se sublimer.

CHAPITRE VII.

DÉCOMPOSITION OU ANALYSE ÉLÉMENTAIRE.

207. La DISTILLATION GAZEUSE s'opère ou par *réduction*, ou par *décomposition*.

208. On RÉDUIT un métal par la chaleur, en le privant de l'oxygène ou des corps volatils, avec lesquels il se trouvait combiné. On se sert, lorsqu'on veut recueillir les gaz, d'une cornue en grès réfractaire, car le verre fondrait au degré de température qu'on se propose quelquefois d'atteindre ; on concentre la chaleur sur la cornue, en ajoutant au fourneau une deuxième pièce de même diamètre et de même pâte, qui augmente la capacité du brasier ; elle porte, à l'extrémité supérieure de sa paroi, une échancrure, sur laquelle on appuie le col de la cornue, et que l'on désigne sous le nom de laboratoire ; on la recouvre d'une troisième pièce voûtée en forme de dôme ouvert au sommet, que l'on nomme *dôme* ou *réverbère*, et qui est destinée à concentrer sur la cornue la chaleur de la combustion ; le *dôme* porte, à l'extrémité inférieure de sa paroi, une échancrure qui s'adapte à celle du laboratoire, et permet d'introduire, par cette ouverture latérale, les cols des cornues de toute dimension. L'appareil complet prend le nom de *fourneau à réverbère de laboratoire*. Il est rare que la *chimie organique* ait recours à ce procédé ; il ne lui faut pas tant de chaleur pour obtenir les résultats de sa compétence. Le *fourneau évaporatoire* (pl. I, fig. 34, *f*) suffit à presque toutes ses manipulations ; c'est un fourneau en terre réfractaire, séparé, en deux capacités, par une grille (*g*) de même substance ; la capacité supérieure (*f*) se nomme *foyer*, c'est là qu'on place le brasier par l'ouverture (o) ; la capacité inférieure (*c*) se nomma *cendrier*, son ouverture est en (o'), pour donner issue à la cendre, accès à l'air extérieur, et augmenter ou diminuer le *tirage*, selon qu'on en ouvre plus ou moins la porte. La porte du foyer (o) remplit la même condition. On soutient les cornues, au-dessus du foyer, au moyen de trépieds circulaires (*tr*), faits avec de gros fils de fer.

209. La chaleur fournie par un semblable fourneau suffit pour fondre, en quantités minimes, la plupart des métaux, et pour réduire ceux qui en sont susceptibles, l'oxyde de manganèse, par exemple, dont on se sert de préférence, à l'effet d'obtenir des quantités considérables de gaz oxygène.

210. De même qu'on recueille un liquide distillé, en déplaçant un gaz, qui est en général l'air atmosphérique ; de même on recueille le gaz que l'on dégage, en déplaçant un liquide ; on choisit, dans ce but, un liquide qui ne soit pas susceptible de dissoudre des quantités appréciables

du gaz distillé, ou d'en altérer la pureté. On déplace un gaz par la pesanteur du liquide, on déplace un liquide par la légèreté du gaz; ces deux opérations sont l'inverse l'une de l'autre.

211. Soit, par exemple, la distillation du gaz oxygène, par la réduction de peroxyde de manganèse. Dès que la chaleur se sera communiquée à la poudre du peroxyde, qui se trouve au fond de la cornue en terre (*c*, fig. 34, pl. 1), l'oxygène éliminé par l'action du feu se portera vers la voûte du vase, et si là était pratiquée une ouverture, le gaz se répandrait dans l'atmosphère par sa seule force d'expansion. Mais les parois du vase s'opposant à son ascension directe, et le dégagement continuant à refouler successivement toutes les quantités vers le col, il est évident que, si l'on adapte à ce col un tube de verre recourbé, on pourra amener le gaz qui se dégage dans toutes les directions possibles. Que si on ferme l'extrémité du tube par un bouchon, le gaz, arrivé à un certain état de compression, repoussera au loin cet obstacle. Si, au lieu d'un bouchon, on plonge l'extrémité du tube dans un liquide, le gaz repoussera la couche de liquide qui s'opposera à son passage, et, en déplaçant successivement les couches supérieures, il montera en bulles plus ou moins considérables ou plus ou moins nombreuses, droit vers le ciel. Mais si la surface du liquide est recouverte d'un vase renversé, de la voûte d'une cloche (*cl*), plongée elle-même assez profondément dans le liquide, le gaz, arrêté dans son ascension, refoulera en bas la masse de liquide, la déplacera de plus en plus, finira par occuper toute la capacité de la cloche, et ne commencera à s'échapper au dehors, que lorsque la capacité de la cloche ne donnant plus place à de nouvelles quantités de gaz, celles-ci seront forcées de longer les parois antérieures de la cloche. Si l'on arrête là l'opération, on aura recueilli une quantité de gaz, dont on pourra constater aisément la nature, le poids et le volume; le vase (*v*) qui aura servi à contenir le liquide, prendra, le nom de *cuve pneumatique*, la masse de liquide (*l*) celui de *bain*, la *cloche* (*cl*) celui de *récipient*, et le support perforé (*s*), qui permet d'introduire l'extrémité recourbée du tube de verre (*t*) sous la cloche, prendra celui de *tôt* ou *tablette*.

212. On distingue deux espèces de *cuves pneumatiques :* la *cuve à eau*, ou cuve *hydro-pneumatique*, et la *cuve à mercure*, ou *cuve hydrargyro-pneumatique*. Celle-ci sert aux expériences de précision, l'autre aux démonstrations publiques, et à toutes les expériences où l'on recherche plus la quantité que la qualité du produit, et à celles dont les produits seraient attaquables par le mercure. Les cuves *hydro-pneumatiques* des laboratoires sont de grandes caisses quadrangulaires en bois, doublées de plomb, dont l'on recouvre la surface par une couche de vernis gras, afin de préserver le plomb de l'action des petits globules de mercure, qu'on y laisse tomber dans le cours des expériences. Elle est soutenue par quatre pieds en bois; elle est munie de deux rainures opposées horizontales, qui reçoivent une tablette assez large pour supporter les cloches de toutes les capacités, et perforée d'une ouverture circulaire, par laquelle on introduit l'extrémité des tubes conducteurs sous les cloches, les ballons ou les flacons renversés que l'on désire remplir de gaz. Ces sortes de cuves ont jusqu'à quatre pieds de côté.

213. La cuve *hydrargyro-pneumatique* reste loin de ces dimensions, les plus grandes des amphithéâtres contenant rarement plus de 150 kilogrammes de mercure. Ce sont des caisses quadrangulaires, creusées dans un bloc de marbre ou de calcaire compacte, dont la fig. 17, pl. 1, représente le plan ordinaire : (*b b b b*) bord extérieur; (*e e e e*) bord interne, moins élevé pour recevoir le relief du couvercle; (*f*) fosse profonde de la cuve; (*r r*) rainures pratiquées dans l'épaisseur des deux parois parallèles de la fosse, et qui reçoivent une planchette perforée, servant à l'introduction du gaz dans les cloches et flacons; (*t t t t*) table de la cuve sur laquelle on place les cloches et flacons remplis de mercure, que l'on se propose de remplir de gaz; (*t r*) trou creusé perpendiculairement dans le marbre, pour y tenir droits les tubes gradués, dans lesquels on mesure le volume des gaz. On construit ces sortes de cuves de toutes les dimensions, et avec des modifications que chacun peut indiquer dans le but qu'il recherche; on en fait aussi en bloc de bois enduit d'un vernis gras. Enfin, pour les expériences en petit, on emploie fréquemment les petites cuves en porcelaine, dont la fig. 13, pl. 1, donne le plan et la coupe verticale dans le sens de la longueur : on en trouve qui ne contiennent que 5 à 6 livres de mercure; mais, dans ce cas, une petite terrine en porcelaine, avec un simple tôt de même substance, peut servir, avec le plus grand succès, de cuve à mercure.

214. On a soin de maintenir les flacons et les cloches qui servent de récipient au gaz, fixés

contre la tablette, afin que les bulles qui viennent frapper leur voûte ne les soulèvent pas au-dessus de l'eau ou du mercure. Les flacons renversés se fixent, par leur goulot, dans l'ouverture de la planchette, ouverture circulaire par une de ses extrémités, pour donner passage au rebord du goulot, et se terminant par l'autre en un parallélipipède de moindre longueur, qui ne donne entrée qu'au col du vase. On tient les cloches fixées contre la planchette, en appliquant l'un des cercles du support mobile (*c*, pl. 3, fig. 11) sur la voûte de la cloche, et arrêtant l'anneau du support contre sa tige, par la vis de pression (*v*).

215. On peut avoir à transvaser les gaz, comme les liquides, soit pour les isoler d'un liquide qui occupe le même vase, soit pour les fractionner en vue des essais successifs que l'on entreprend. On introduit, dans ce but, un entonnoir à col très-court et à pavillon très-évasé, dans l'ouverture de la planchette qui communique avec la capacité du *récipient;* on amène l'orifice du *transporteur du gaz* sous le pavillon de l'entonnoir, et l'on abaisse son extrémité opposée, jusqu'à ce qu'on ait fait passer dans le récipient le volume de gaz qu'on a intention de transvaser. Si l'on doit transporter le gaz d'une cuve à une autre, on place une soucoupe ou une terrine contre le goulot du flacon, dans la cuve même; de manière qu'en sortant à la fois le flacon et la soucoupe, celle-ci serve de cuve à l'autre, et s'oppose à l'introduction de l'air extérieur.

216. On mesure le volume des gaz au moyen de tubes, d'éprouvettes et de cloches (42) graduées (pl. 1, fig. 9-12), c'est-à-dire de vases dont on a d'avance fractionné la capacité, par une échelle gravée au diamant sur la paroi du verre. La graduation d'un vase est une opération qui, sans être compliquée, exige une grande délicatesse dans l'exécution. Elle consiste à noter, sur le verre du vase à graduer, tous les espaces qu'occupe une fraction égale d'un liquide dont on a déterminé d'avance le poids et le volume. Le mercure est le liquide dont on se sert, de préférence à l'eau, parce que l'eau s'attacherait aux parois qu'elle mouille, et qu'on ne serait jamais sûr de verser dans la cloche des quantités égales. Cet avantage du mercure ne laisse pas que d'avoir aussi son inconvénient; car, en vertu des lois de la capillarité, la surface du métal devient convexe, et forme un obstacle à la vision, lorsqu'il s'agit de déterminer la hauteur précise où le volume s'élève. Pour obvier à cet inconvénient, Farsday avait soin de se servir de mercure qui tenait en dissolution un quatre-millième de plomb, ce qui lui donne pour le verre un degré d'affinité capable d'aplanir la surface. On se procure une mesure propre à la graduation, au moyen d'un tube de verre fermé à la lampe, dans lequel on dépose une quantité de mercure de un, deux à dix centimètres cubes, selon la capacité du vase qu'on doit graduer. On détermine la pesanteur spécifique du métal, et l'on procède à 4° centigrades, température à laquelle un gramme d'eau occupe un centimètre cube. La quantité voulue de mercure étant introduite dans ce tube, on note sur le verre la hauteur à laquelle correspond sa surface; on coupe circulairement le verre aussi près que l'on peut de ce point (*), on use les bords à l'émeri ou sur l'ardoise, pour enlever les aspérités et atteindre le contour précis indiqué par le signe; on a alors un étalon pour la graduation; on pourrait se construire aussi des étalons en petites caisses carrées de bois dur. On dispose ensuite avec solidité la cloche ou le tube, l'ouverture en haut, et dans un plan parfaitement horizontal; on évite de le toucher avec les doigts, et de respirer sur la surface, on l'entoure d'un cercle en cuivre susceptible d'être serré par une vis de rapprochement, qui passe par ses deux bouts. Ce cercle doit servir et de régulateur à la vision, et de règle à la graduation. Cela fait, on emplit son étalon de mercure à ras, au moyen d'une pisque de verre qu'on promène sur l'ouverture; on verse le mercure dans le vase; on amène le cercle de cuivre au point où correspond la surface de la quantité du mercure que l'on vient de verser, et l'on trace délicatement, à l'encre rouge, sur les deux parois opposées du vase, deux traits parallèles à la surface du mercure. Lorsqu'on observe à travers jour, dans le but de déterminer le point exact où aboutit cette surface, on en distingue deux au lieu d'une, la première qui correspond au contact du mercure et des parois du verre, et la seconde qui correspond au point culminant de la convexité du volume de mercure. Si l'on se règle d'après cella-ci, il faut l'adopter constamment dans toute la graduation; la première division seule sera affectée d'une erreur équivalant à 1/3 de l'épaisseur comprise dans la calotte formée par la convexité du

(*) On coupe le verre en pratiquant une entaille circulaire, soit au diamant, soit à la lime; on roule dans cette cavité un fil imbibé d'huile de térébenthine, on met le feu à l'extrémité libre; la combustion rapide du fil suffit pour détacher les deux portions du tube, juste au point de l'entaille.

mercure. La graduation étant terminée sur l'une et l'autre face, on s'occupe de la rendre indélébile en la gravant au diamant ; pour cela on commence par tracer une ligne perpendiculaire, à laquelle aboutiront tous les traits horizontaux. On détermine la distance à laquelle on doit tenir la règle de cuivre, pour que la pointe du diamant corresponde au trait, quand le manche en bois est appliqué contre la règle, et alors il suffit d'un mouvement de va-et-vient répété trois ou quatre fois, pour que le trait soit gravé. On a soin de donner plus de longueur à chaque cinquième trait qu'aux quatre autres, à chaque dixième plus de longueur qu'aux cinquièmes, et de l'accompagner du chiffre qui lui convient ; le trait qui termine la graduation vers l'extrémité du vase, et qui, dans les expériences, doit être constamment l'inférieur, étant marqué zéro, et le chiffre cinq se posant au sixième trait pour cette fois seulement. La graduation sur les deux faces du verre offre l'avantage de régulariser la vision, lorsqu'on cherche à déterminer les volumes de gaz, et fournit le moyen de constater, avec la plus grande facilité, que le vase est placé dans la verticale de la première graduation.

217. Le poids des gaz est à déterminer tout aussi bien que leur volume ; il s'agit d'avoir un appareil pour les transporter et les maintenir dans la balance. On se sert à cet effet de ballons (pl. 1. fig. 6), munis à leur tubulure d'un robinet en métal (*ro*), qui s'adapte à leur col par une virole ; d'un autre côté, on a soin de recueillir le gaz dans une cloche (fig. 7), munie au sommet d'un robinet de même structure ; le ballon et la cloche sont remplis du même liquide, et tenus en communication l'un avec l'autre par l'ouverture des deux robinets ; lorsque le gaz a rempli toute la capacité du ballon (fig. 6), on interrompt la communication en tournant les deux robinets et dévissant les deux tiges. Le ballon, dont on connaît le poids à vide, se place de la sorte dans le plateau de la balance, et l'excédant indique le poids du gaz, en tenant compte des indications barométriques et thermométriques, dont nous aurons à nous occuper plus bas.

218. Pour des expériences moins délicates, et aussi pour transporter des gaz, on peut remplacer le ballon par une vessie (fig. 5), que l'on mouille, et que l'on tient tordue pour en chasser l'air. La virole (*vi*) qui la termine étant vissée sur la virole de la cloche (fig. 7), le gaz s'y rendra en la distendant, jusqu'à ce que la force de ses parois s'y oppose.

219. Les gaz et les vapeurs que l'on a en vue de recueillir, ne se dégagent pas avec toute la pureté que requiert la précision de l'opération. On les purifie, en leur faisant traverser, avant de les recueillir, des liquides ou des substances en poudre, qui soient de nature à dissoudre ou à absorber les principes dont on a en vue de dépouiller le gaz ou la vapeur. Si le gaz est humide, on remplit de chlorure de chaux les tubes qu'il traverse ; s'il est mélangé à l'acide carbonique ou à un tout autre acide volatil, on l'en dépouille au moyen d'une solution alcaline, pour laquelle il n'a point d'affinité. L'appareil qu'on désigne sous le nom de Woulf, quoiqu'on en trouve la figure dans Glauber, est celui dont on fait le plus d'usage, toutes les fois qu'on veut obtenir un résultat analogue, et pousser la précision jusqu'à ses dernières limites, par une seule et même opération ; nous allons le décrire d'après la fig. 25, pl. 1.

220. Appareil de Woulf. Soit le ballon en général en verre (*ba*), qui renferme la substance (*l*) dont on se propose de dégager un gaz ou une vapeur par le moyen de la chaleur. Il repose dans un bain de sable ou d'eau, dont on remplit un têt (*t*) ou un vase en métal, qui s'appuie immédiatement sur le fourneau (*f*). On introduit dans sa tubulure, et par deux trous pratiqués dans le bouchon, deux tubes, dont les extrémités (*ex*) sont tenues à une assez grande distance de la surface du liquide (*l*) ; l'un (*tu'*) prend le nom de *tube de sûreté ;* il est coudé et muni d'une boule (*bo*) que l'on remplit de mercure, ou du même liquide qu'on a déposé dans le ballon (*ba*) ; l'autre tube (*tu*) est coudé deux fois à angle droit, et la branche opposée se rend dans l'une des trois tubulures (*tb*) du premier flacon (*fl*), au fond duquel on a déposé une couche du liquide (*l*) par lequel on veut purifier le gaz ; l'extrémité de cette branche ne doit pas y pénétrer ; le tube (*a*), introduit dans la tubulure médiane, pénètre dans le liquide. La troisième tubulure donne passage à l'une des deux branches d'un tube coudé (*tu''*) dont l'ouverture reste à distance du liquide, et dont l'autre branche va pénétrer dans le liquide au flacon (*fl'*). Cette disposition se répète sur tous les flacons de même structure qu'on se propose de faire traverser par le gaz ; enfin, l'appareil aboutit ou à une éprouvette (*ep*), ou à une cloche renversée (fig. 34, *cl*), selon qu'on se propose de combiner le gaz avec une substance fixe ou de le recueillir. L'appareil ainsi construit, on chauffe le fourneau (*f*), et voici ce qui se passe : Le gaz monte vers la région supérieure du ballon ;

le *tube de sûreté* (*tu'*) oppose un obstacle à son passage par le liquide dont on a rempli la boule (*bo*) de son coude; le tube (*tu*) au contraire le laisse passer librement jusqu'au flacon (*fl'*); la pression qu'il exerce sur le liquide du flacon a sa compensation dans le tube (*α*) de la tubulure médiane, qui plonge dans le liquide et lui fournit une issue. Quant au gaz, il en trouve une par l'extrémité du second tube (*tu''*), qui, cette fois, va plonger son autre branche dans le flacon (*fl'*), et le force de traverser le liquide (*l*), pour arriver à l'orifice du tube, qui doit le transmettre au flacon suivant; à chaque traversée, le gaz se dépouille d'une quantité donnée du principe qui l'altère. On continue l'appareil, en ajoutant autant de flacons qu'il en faut, pour que la proportion du mélange devienne inappréciable et se réduise presque à zéro; c'est alors qu'on introduit l'extrémité du dernier tube dans le *récipient* (*ep*). Les tubes (*α*) de chaque flacon sont tout autant de tubes de sûreté, qui s'opposent à ce que la pression qui vient du dégagement du gaz ne fasse monter le liquide dans le tube de la tubulure opposée; mais il pourrait arriver que la pression exercée dans l'un ou l'autre des flacons, fît refluer le liquide vers le ballon, surtout dans le cas où l'extrémité du premier tube (*tu*) serait plongée dans le liquide du premier flacon (*fl*); cela équivaudrait à la production du vide dans le ballon (*ba*); c'est pour prévenir cet accident qu'on dispose le tube de sûreté (*tu'*), qui, dans ce cas, livre passage à l'air extérieur et rétablit l'équilibre.

On se sert du même appareil, pour effectuer en petit la distillation des liqueurs alcooliques. L'alcool, en effet, finit par se rectifier, en passant successivement à travers des quantités d'alcool qui s'échauffent au passage, mais toujours de moins en moins; en sorte que la quantité d'eau qui est parvenue à l'un des flacons y reste condensée, faute d'une température suffisamment élevée, et abandonne les molécules alcooliques, à la vaporisation desquelles cette température suffit.

221. Après avoir décrit la construction des appareils distillatoires et la marche matérielle de la distillation, il est important d'évaluer théoriquement les indications des résultats, et de faire la part de toutes les circonstances. Il ne suffit pas de noter scrupuleusement les caractères que chaque phase peut offrir à notre vue, et les caractères du produit; il faut en pénétrer pour ainsi dire la nature intime, et y démêler, par le raisonnement, les mélanges et les combinaisons qui mettent en défaut la puissance des réactifs les plus délicats et les moins équivoques.

Si, dans un mélange soumis à la distillation, se trouvent deux substances de nature différente, mais d'égale volatilité et de solubilité égale, il doit paraître évident qu'on sera exposé à en prendre le mélange pour un principe *sui generis*, une fois qu'on l'étudiera dans le récipient; et les nouveaux caractères de ce mélange, devenus plus intimes que jamais, seront d'autant plus trompeurs qu'ils seront susceptibles de se combiner entre eux d'une manière plus variée, et que les deux substances qui la composent seront soluble dans un plus grand nombre de réactifs.

222. D'après ce que nous avons dit, sur la réciprocité des affinités (57), il est évident encore que les gaz dont s'imprègnent les substances volatiles, en se rendant, à l'état de vapeurs, dans le recipient, n'en seront jamais assez complétement éliminés par les réactifs, pour ne pas communiquer un caractère nouveau à ces substances mêmes. L'huile prendra donc l'apparence d'un acide *sui generis*, en s'imprégnant intimement d'un gaz acide, et l'apparence d'un alcali organique, en s'imprégnant d'ammoniaque ou d'un sel organique à base d'ammoniaque. Dégagez ensuite, si vous le pouvez, sans altérer les produits, le gaz de la substance même, au moyen de réactifs capables de coaguler celle-ci; vous ne ferez qu'emprisonner davantage l'acide dans la substance.

Par la même raison de la réciprocité des affinités, une substance fixe pourra être entraînée dans le récipient, par suite de son union intime avec une substance volatile, dont elle partagera dès lors la volatilité et la solubilité; et *vice versâ*. Le sucre acquerra la volatilité de l'huile volatile, avec laquelle il se trouvait associé dans la cucurbite, et lui communiquera sa propre solubilité.

223. Or si toutes ces propositions sont irrécusables, on est forcé d'admettre qu'elles se réalisent à chaque distillation d'une substance organique, pour ne parler ici que des substances de ce genre. Les phénomènes d'une distillation quelconque doivent donc être discutés rigoureusement, en présence de ces principes; et l'étude des produits du *récipient* ne doit jamais être isolée du souvenir du mélange de la *cucurbite*, si l'on ne veut pas s'exposer à prendre des combinaisons pour des principes, des apparences pour les signes d'une réalité, et donner une appellation spéciale à une simple différence dans les proportions.

DISTILLATION GAZEUSE DES SUBSTANCES ORGANIQUES.

224. On a reconnu, par l'expérience directe, que toute substance organique soumise à un degré de température suffisamment élevé, à celui de la chaleur rouge, par exemple, se décompose en cendres et en produits gazeux; qu'en dernière analyse ces produits gazeux se réduisent à quatre radicaux : le *carbone*, l'*oxygène*, l'*hydrogène*, l'*azote*, ces trois derniers souvent isolés, le premier toujours combiné à l'un ou à l'autre des trois suivants. Les cas les plus fréquents de ces associations gazeuses des radicaux entre eux, sont ceux du carbone avec l'oxygène (*acide carbonique*, *oxyde de carbone*), du carbone avec l'hydrogène (*hydrogène carboné*), de l'oxygène avec l'hydrogène (*eau*), avec l'azote (*acide nitreux ou nitrique*), de l'azote avec l'hydrogène (*ammoniaque*). Le chlore, le soufre, le phosphore, etc., que l'on trouve combinés avec l'un ou l'autre de ces produits, proviennent des sels, dont la base est restée dans les cendres.

225. L'opération qui n'a pour but d'obtenir que les cendres du corps organique, prend plus particulièrement le nom de *décomposition*; celle qui a le double but d'isoler et de recueillir les cendres dans la cornue, et les produits gazeux dans les récipients, nous l'appellerons *distillation gazeuse*; on a donné le nom d'*analyse élémentaire* ou *analyse des corps organiques* à la distillation gazeuse, par laquelle on se propose de déterminer avec précision, en poids et en volume, les proportions, d'après lesquelles le *carbone*, l'*oxygène*, l'*hydrogène* et l'*azote* se trouvaient combinés, deux, trois ou quatre ensemble, dans la substance qu'on vient de décomposer par le feu. La première application de cette idée est due à Lavoisier; la seconde à Gay-Lussac, qui s'aida du concours de Thénard, pour analyser un certain nombre de substances organiques, et en publier les résultats dans ses *Recherches physico-chimiques*. Le procédé que Gay-Lussac employa d'abord a été modifié dans la suite, et par lui-même et par d'autres observateurs. Nous allons décrire les principaux par ordre de dates, renvoyant à la fin de ce chapitre la critique raisonnée de chacun d'eux.

Il ont tous cela de commun, qu'ils transforment les produits en eau et en acide carbonique, et que l'azote, lorsqu'il existe dans la substance organique, est le seul gaz qui se dégage isolé. Le calcul donne ensuite les quantités d'oxygène, d'hydrogène et de carbone qui entrent dans la composition de l'eau et du gaz acide carbonique, dont on a déterminé préalablement les proportions en poids ou en volume. En effet l'eau étaot composée, en volume, de deux portions d'hydrogène et d'une d'oxygène, en poids de 12,48 d'hydrogène et de 100 d'oxygène; l'acide carbonique étant composé à son tour, d'une portioo en volume de vapeur de carboae, et de deux portious d'oxygène, et en poids de 76,44 de carboue et de 200 d'oxygène; il est évident que par une simple règle de trois, on obtiendra les quantités respectives d'oxygène et d'hydrogène qui entreut dans la composition d'une quantité donnée d'eau pure, et les quantités respectives d'oxygène et de carbone qui entrent dana la composition d'une quantité donnée d'acide carbonique.

226. Mais pour transformer, en eau et en acide carbonique, l'oxygène, l'hydrogène et le carbone d'une substance organique, il faudrait que la substance possédât, par devers elle, assez d'oxygène, pour suffire à la combustion de son hydrogène et de son carbone, et c'est ce qui n'a jamais lieu; aussi, à la place de ces deux produits, on ne manquerait pas de recueillir un mélange inextricable d'eau, de divers corps oléagineux, et de diverses combinaisons gazeuses dans le récipient, et un charbon plus ou moins volumineux dans la cucurbite, si l'on se contentait d'exposer la substance organique, sans autre mélange, à sa propre décomposition, sous l'influence de la chaleur. On a donc cherché à compleler la combustion de l'hydrogène en eau, et de tout le carbone en acide carbonique, en soumettant au même coup de feu, et la aubstaoce à analyser et une poudre capable de dégager, par l'élévation de température, autant d'oxygène qu'en réclame la complète combustion; en sorte que dans le vase qui sert de cucurbite, il ne reste plus un atome de la substance organique, et que dans le récipient il ne passe autre chose du corps *comburant* que de l'oxygène en excès, dont on tient compte.

227. Telle est la théorie du procédé; en voici les plus récentes modifications.

Procédé de Gay-Lussac.

228. Comme corps *comburant*, l'auteur employait le *chlorate* de potasse, dont, par une analyse à part, il avait soin de déterminer la proportion d'oxygène; il mêlait intimement un poids donné de ce sel avec un poids donné de la substance organique, en les broyant ensemble à l'abri de l'humidité; et après avoir desséché la substaoce,

en la tenant, pendant un espace de temps suffisant, à la température de l'eau bouillante.

229. L'appareil, qui servait à la combustion, se composait d'un tube de verre vertical fort épais, de deux décimètres de long, et fermé à la lampe à son extrémité inférieure, qui, à cinq centimètres de son ouverture, c'est-à-dire de l'extrémité supérieure, communiquait avec un tube de verre soudé, lequel se coudait trois fois, pour aller introduire son extrémité, à travers le bain de mercure, dans le flacon destiné à servir de récipient aux gaz. L'extrémité ouverte du tube vertical entrait dans une virole en cuivre, au moyen d'un mastic qui ne fond qu'à 40°. Cet appareil en cuivre supportait un robinet, dont la clef, au lieu d'être perforée, tournait sans donner passage à l'air, mais dont la surface était creusée, à sa portion médiane, d'une cavité capable de loger un corps du volume d'un petit pois : et le tout se terminait par un entonnoir dont l'orifice correspondait juste à la cavité que nous venons de décrire. C'est par cette petite cavité qu'on introduisait le mélange dans le tube de verre vertical, au fond duquel devait s'opérer la décomposition organique. Pour cela, on moulait la pâte, en la faisant entrer dans un emporte-pièce cylindrique en laiton, de $0^m,0025$ de diamètre intérieur ; on faisait sortir la pâte de ce cylindre au moyen d'un petit piston de même diamètre; et on coupait le cylindre moulé en boulettes du calibre qui pouvait s'adapter à la cavité de la clef du robinet. Celle-ci était graissée, pour que le tube vertical ne fuie pas; et pour empêcher la graisse de couler, on entourait la douille de glace que l'on déposait dans une capsule de laiton soudée à sa base.

230. Le tube vertical de verre passait par un trou pratiqué dans une brique, sur laquelle reposait le tube coudé qui devait se rendre dans le récipient, et s'y mastiquait au moyen du lut de terre infusible. Cette brique était soutenue par deux murs paralleles de briques que l'on élevait sur une table à côté de la cuve à mercure, à la distance l'un de l'autre d'environ $0^m,15$. L'extrémité du tube vertical s'appuyait sur une grille de fer, qui pénétrait dans les deux murs de brique. On mettait peu à peu des charbons allumés sur cette grille, de proche en proche, pour n'échauffer le tube que graduellement; on plaçait ensuite au-dessous de l'extrémité, une lampe à esprit-de-vin, qui portait bientôt la chaleur au rouge obscur. C'est alors que l'on engageait l'extrémité du tube conducteur sous le goulot d'une éprouvette pleine de mercure; on faisait tomber en même temps, par la cavité du robinet, quelques boulettes de la substance, qui s'enflammaient en tombant, et donnaient lieu à un dégagement de gaz, lequel chassait l'air de l'appareil; en sorte que celui-ci finissait par ne plus renfermer que du gaz de même nature que ceux qu'on se proposait de recueillir, résultat que l'on pouvait considérer comme complet, après la combustion d'une vingtaine de boulettes.

231. Cela fait, on enlevait l'éprouvette de mercure, dans laquelle on avait reçu le dégagement des premières portions de gaz, et on la remplaçait par un flacon renversé plein de mercure, et dont on connaissait la capacité. On pesait, à un demi-milligramme près, la quantité de boulettes qu'on avait à décomposer, et qu'on avait eu la précaution de renfermer hermétiquement dans un vase, à l'abri de l'humidité. On les projetait une à une dans le tube vertical incandescent, et on enlevait le flacon, dès qu'il était plein de gaz. On pesait alors de nouveau la quantité de boulettes restantes, et on recevait les gaz dans un nouveau flacon plein de mercure; et ainsi de suite jusqu'à ce que la quantité de substance à analyser fût épuisée.

232. L'opération terminée, on avait toutes les données nécessaires pour déterminer la proportion des principes, dont se composait la substance organique, avant sa combustion.

233. En effet, la combustion de la substance organique ayant été opérée exactement dans les mêmes circonstances pendant toute sa durée, il est évident que la proportion des produits, en poids et en volumes, sera exactement la même dans chacun des flacons où on les aura recueillis; qu'en conséquence les analyses du contenu de chacun d'eux devront présenter des résultats aussi concordants qu'il est possible de les attendre, et qu'en prenant des moyennes, pour faire disparaître les légères différences qui les distinguent, on pourra se flatter d'avoir approché aussi près que possible de la vérité.

234. On commençait l'analyse par sacrifier une certaine quantité de gaz, à des essais ayant pour but de s'assurer que l'oxyde de carbone n'entre pour rien dans le mélange. A cet effet on introduisait le mélange gazeux dans l'eudiomètre (pl. 2, fig. 2), ainsi qu'un volume de gaz hydrogène formant le 6e du volume total : 20 sur 120; on faisait passer l'étincelle électrique à travers le mélange; si le mélange se réduisait du quart, c'est-à-dire de 30 sur 120, on était assuré que les produits étaient purs d'oxyde de carbone; si la réduction du mélange gazeux était de plus du quart, le résultat de l'expérience était incertain.

235. On constatait ensuite la présence ou l'absence de l'azote, soit par l'emploi du phosphore, soit par la décharge eudiométrique. Le premier procédé consistait à absorber l'oxygène par le phosphore, après avoir absorbé le gaz acide carbonique par la potasse; le résidu gazeux était de l'azote; le second procédé consistait à mêler, dans l'eudiomètre à mercure (pl. 2, fig. 2), deux volumes de gaz hydrogène, avec un volume de la portion de gaz, que n'avait pas absorbé la solution de potasse caustique; à faire détoner l'étincelle électrique à travers le mélange; si après la détonation il restait du gaz dans l'eudiomètre, il renfermait de l'azote; car on se trouvait avoir introduit assez d'hydrogène, dans l'eudiomètre, pour combiner toute la portion gazeuse en eau, si elle avait été formée uniquement d'oxygène : l'eau étant composée d'un volume d'oxygène et de deux d'hydrogène.

Ce point de la question étant une fois fixé, et lorsque les produits ne renfermaient pas d'azote, on procédait à la détermination des proportions. On faisait passer sous le mercure une portion de gaz dans un tube gradué; on introduisait dans le tube une petite quantité d'une forte dissolution de potasse caustique, qui absorbait le gaz acide carbonique, et faisait monter le mercure d'autant; on mesurait le résidu, qui ne se composait plus que d'oxygène, que l'on défalquait du volume total; on avait ainsi les proportions relatives de gaz oxygène et de gaz acide carbonique en volume. On traduisait les volumes en poids, en les multipliant par la densité respective du gaz oxygène et du gaz acide carbonique, en vertu de cette formule $\frac{P}{V} = D$, et $V \times D = P$. Comme on connaissait le volume total du produit gazeux de l'expérience, on appliquait à la totalité, par une règle de trois, les résultats numériques de la moyenne des expériences partielles; on avait ainsi le poids total de l'oxygène isolé et celui de l'acide carbonique. Puis, par un nouveau calcul, on déterminait le poids de l'eau, en défalquant la somme du poids de l'acide carbonique et de l'oxygène, du poids de la substance organique brûlée, ajouté à celui de l'oxygène dégagé par le chlorate de potasse. Nous avons dit (228) qu'on avait soin de déterminer d'avance la quantité d'oxygène que le chlorate employé renfermait. La quantité d'eau, en effet, devait être égale au poids de la substance organique + l'oxygène du chlorate, — le poids de l'oxygène et de l'acide carbonique recueillis à l'état de gaz. Par tout autant de règles de trois, on déterminait le poids de l'oxygène, de l'acide carbonique et de l'eau; on ajoutait ces deux sommes à celle de l'oxygène obtenu à l'état de gaz; on défalquait, de la somme totale, la quantité dégagée par le chlorate; le restant d'oxygène appartenait à la substance organique. Cette opération (225) donnait en même temps les quantités relatives de carbone et d'hydrogène; et, par de nouvelles règles de trois, on déterminait combien, sur 100 parties, la substance organique renfermait de carbone, d'oxygène et d'hydrogène.

236. Lorsque l'azote se trouvait au nombre des produits gazeux de la combustion de la substance organique, on en déterminait la proportion, après en avoir soustrait l'acide carbonique par la potasse, en exposant le résidu à l'action suffisamment continuée du phosphore, qui, absorbant l'oxygène, permettait de mesurer l'azote isolément.

237. Le chlorate de potasse, employé comme corps comburant, ne remplissait pas régulièrement et avec une garantie suffisante, toutes les conditions du problème; on arrivait difficilement à porter la chaleur assez haut pour que la combustion fût complète, et, dans l'explosion, des quantités considérables de substance organique étaient projetées vers les parois supérieures du tube vertical à combustion (229). Par suite d'une combustion incomplète, il se produisait, dans l'analyse des matières azotées, ou de l'ammoniaque, ou de l'oxyde nitreux, dont la présence reconnaissable à son alcalinité pour l'une, et aux vapeurs rutilantes que fournissait l'autre, au contact d'une certaine quantité d'air extérieur, dont la présence, dis-je, ne pouvait manquer de compliquer les difficultés de l'analyse, et d'en rendre les indications fautives. Gay-Lussac remplaça le chlorate de potasse par l'oxyde de cuivre, qui est le corps comburant auquel on s'est définitivement arrêté depuis.

Procédé de Berzélius.

238. Berzélius modifia le procédé de Gay-Lussac; dans le but de brûler lentement la substance organique, afin de la brûler complétement, il combinait la substance avec l'oxyde de plomb, il mêlait ensuite la combinaison avec le chlorate de potasse, et l'introduisait dans un tube long et fermé par un bout, qu'il chauffait graduellement, en marchant de l'extrémité ouverte vers l'extrémité fermée.

L'auteur mêlait une partie de la combinaison organique avec 5 à 6 fois son poids de chlorate de

potasse, et puis avec 10 à 12 fois son poids de sel marin, dans un mortier échauffé à 100° ou au delà.

Le tube dans lequel s'introduisait ce mélange intime, avait un demi-pouce de diamètre intérieur; on avait soin de placer au fond une certaine quantité de chlorate de potasse et de sel marin, non mélangés à la substance organique. Après avoir tassé, par-dessus cette première couche, le mélange organique, on le recouvrait de chlorate de potasse et de sel marin; cette disposition avait pour but d'envelopper la substance d'une atmosphère d'oxygène, avant de la chauffer, pour qu'il ne pût échapper une seule molécule à la combustion, et de continuer le dégagement de l'oxygène après la combustion, pour chasser tout le gaz acide carbonique du tube vers le récipient. Tout étant ainsi disposé, l'auteur coudait et effilait à la lampe l'extrémité ouverte du tube, qu'il introduisait dans une petite allonge sphérique, qui était destinée à recevoir l'eau dégagée par la combustion; le col de ce petit vase s'introduisait de nouveau dans un tube rempli de chlorure de chaux, et qui arrêtait au passage les molécules aqueuses non condensées dans le premier appareil. Ces trois pièces étaient unies ensemble, au moyen de tubes élastiques en caoutchouc, dont on avait soin de ne pas laisser les parois immédiatement en contact avec les vapeurs et les gaz qui devaient se dégager. Enfin, le tube à chlorure recevait un petit tube coudé, dont l'extrémité recourbée allait s'engager dans une cloche pleine de mercure.

On chauffait alors le tube plein du mélange, que l'on plaçait sur un plan incliné, le bout fermé en bas. Lorsque l'opération était terminée, on évaluait la proportion du gaz en poids ou en volume: 1° en poids, en introduisant dans la cloche une petite ampoule pleine de potasse et fermée avec une peau, que l'on pesait soigneusement avant et après la durée de son exposition au gaz, durée qui n'était pas moins de douze heures; l'excès du poids donnait le poids de l'acide carbonique. On obtenait le poids de l'eau, en pesant l'allonge où elle avait été absorbée par le chlorure de chaux. Le poids des gaz qui restaient dans la cloche s'obtenait par le calcul, ce qui n'offrait pas la moindre difficulté, quand ce n'était pas un mélange d'azote et d'oxygène; car on connaissait la perte que la combustion avait fait éprouver en poids au mélange de substances combustibles et comburantes; on connaissait le poids de l'eau, et celui de tout l'acide carbonique dégagé; la différence était le poids du reste. 2° On obtenait l'évaluation des gaz en volumes, en absorbant le gaz acide carbonique par l'hydrate de potasse, et notant le point où le mercure montait après l'absorption; puis en absorbant l'oxygène par le phosphore, et notant le point où le mercure était de nouveau monté; s'il se trouvait un résidu, c'était de l'azote; on avait ainsi les proportions en volume de ces trois gaz; le volume étant connu, le calcul en déduisait le poids; or, la différence entre le poids des gaz et le poids du mélange constaté avant la combustion, représentait le poids de l'eau; on déduisait enfin les proportions de carbone, d'oxygène, d'hydrogène et d'azote, par tout autant de règles de proportions, comme ci-dessus.

239. Dans la suite, Berzélius a adopté, comme corps comburant, de préférence au chlorate de potasse, l'oxyde de cuivre, dont Gay-Lussac avait signalé les avantages, surtout pour l'analyse des substances azotées; l'emploi du chlorate de potasse donnant le plus souvent lieu à la formation d'acide nitreux; et en général tous les chimistes qui se sont occupés, après lui, d'analyses élémentaires, ont suivi l'exemple de Berzélius.

240. On se sert d'oxyde pulvérisé, que l'on mêle, en proportions déterminées d'avance, avec la substance organique, mais l'oxyde de cuivre étant en excès; on divise le mélange par de la tournure de cuivre non oxydé, ou par une spirale en cuivre qui s'étend d'un bout d'un tube à l'autre. Après l'expérience, on déduit le poids des gaz, par la pesée directe ou par le calcul. On pèse le tube à combustion; la différence entre le poids du tube avant l'expérience d'un côté, et entre la somme du poids du même tube pesé après l'expérience, et du poids des gaz de l'autre côté, indique le poids de l'eau formée, dans le cas où on n'aurait pas disposé l'appareil de manière à peser l'eau directement.

241. L'oxyde de cuivre absorbe facilement l'humidité de l'air; on doit prévenir cet accident par les précautions d'usage, en opérant le mélange. On se le procure de la manière suivante: on dissout dans l'eau pure le sulfate de cuivre cristallisé et pur, on le précipite par le carbonate de potasse; on fait bouillir le précipité avec un excès d'alcali, pour décomposer tout le sulfate qui se précipite avec le carbonate dans les premiers moments; on lave et on calcine le précipité, afin d'éliminer l'acide carbonique; l'oxyde de cuivre reste pur.

Procédé de Saussure.

242. Le procédé de Saussure est en principe celui de Lavoisier; l'auteur mêlait la substance

organique avec cinquante fois son poids de sable pur et préalablement calciné ; il introduisait une quantité déterminée de ce mélange, contenant environ 5 à 6 centigrammes de la matière à analyser, dans un tube de verre ayant 6 pouces de longueur et un pouce de diamètre, fermé à la lampe par un bout, courbé au milieu à angle droit, et terminé à l'extrémité ouverte, par un robinet exécuté avec le plus grand soin. Il adaptait ce robinet à celui du récipient de la machine pneumatique, faisait le vide dans l'appareil, le remplissait de gaz oxygène, faisait le vide une seconde fois, et le remplissait d'une nouvelle quantité de gaz oxygène, pour en chasser entièrement l'air atmosphérique et le remplacer par ce dernier gaz; il tournait alors le robinet de l'appareil; de la sorte la substance organique ne se trouvait en contact avec d'autre corps comburant qu'avec l'oxygène. Il avait soin, avant de tourner le robinet, de noter l'état du baromètre et du thermomètre. Il chauffait ensuite la poudre suffisamment étendue sur la paroi du tube, en y promenant de point en point la flamme d'une lampe à esprit-de-vin; l'oxygène brûlant la matière, c'est-à-dire se combinant avec elle, se condensait, au lieu de se dilater par la chaleur, et l'on n'avait pas à craindre l'explosion du tube. L'opération terminée, on laissait refroidir le tube, on l'ouvrait sous le mercure, on déterminait le volume du gaz qui s'y trouvait contenu, et on le déposait sous un récipient pour l'analyse ultérieure : on rinçait le tube avec 30 grammes d'eau pure, que l'on distillait sur la chaux vive, pour savoir si elle contenait de l'ammoniaque; et on évaluait la quantité d'eau, par la différence du poids des gaz desséchés sur le chlorure, avec le poids de la substance avant l'analyse; le volume d'oxygène employé comme corps comburant étant connu, il était facile de déduire les rapports des éléments, qui rentraient dans la composition de la substance organique.

243. Proust avait d'abord adopté, comme corps comburant, l'oxyde de cuivre ; il se servait, pour chauffer, de la lampe d'Argant, dans le canal intérieur de laquelle il conduisait le tube de verre rempli de la substance organique. Dans la suite, il combina cette méthode avec celle de Saussure, en ce sens qu'il chercha à faire passer les produits de la combustion, par une série de tubes remplis d'oxygène, qui se trouvaient chauffés également. Cet appareil compliqué et dispendieux n'a point été adopté; il n'est pas à la portée de toutes les bourses, et son emploi exige beaucoup trop de temps.

244. De modifications en modifications, les chimistes se sont arrêtés au procédé de Liebig.

Procédé de Liebig (pl. 2, fig. 3).

245. Le principe sur lequel repose le procédé de Liebig, qui n'est qu'une modification du second procédé de Gay-Lussac (240), est d'absorber au passage les produits principaux de la combustion, l'eau par le chlorure de chaux, l'acide carbonique par une dissolution concentrée de potasse, et de recueillir à l'état gazeux l'azote, lorsqu'il s'en dégage. La différence entre le poids du chlorure plus celui de la potasse, avant l'expérience, et entre le poids des mêmes substances après la combustion, donne le poids de l'eau et celui de l'acide carbonique produit par la décomposition de la substance organique; on déduit le poids de l'azote de son volume; on connaît la quantité de gaz oxygène dégagé, par la pesée du tube à combustion avant et après.

246. La substance organique mêlée à l'oxyde de cuivre en proportions déterminées, est introduite dans le tube de verre (*tu*), fermé et tiré en pointe à la lampe par une de ses extrémités (α). Le mélange doit occuper un espace de 5 à 6 centim.; l'on achève de remplir le reste de la capacité du tube, jusqu'à environ 3 centim. de l'ouverture, avec de l'oxyde mélangé de tournure. Ce tube est en verre vert, long de 40 à 50 centim., ayant de 10 à 12 millimètres de diamètre. L'extrémité ouverte du tube reçoit, par un bouchon, un tube qui s'enfle à son milieu en deux boules remplies de fragments de chlorure de chaux, et qui communique, au moyen d'un tube de caoutchouc, avec un autre tube (*po*), lequel se coude au milieu en un triangle enflé en cinq boules, dont les trois inférieures sont remplies d'une dissolution de potasse caustique à 40° Baumé. Cet appareil vient se joindre, au moyen d'un tube en caoutchouc, au tube coudé (*tu'*), qui sert à introduire, sous le mercure (*ep*), l'azote qui serait dans le cas de se dégager. Le tube à combustion (*tu*) est soutenu par une grille en fil de fer munie de 8 ou 10 arceaux, sur un fourneau (*f*), qui ne diffère pas de celui dont se servent les repasseuses pour chauffer leurs fers. On place un écran en laiton (*e*) vers l'extrémité ouverte du tube, afin de préserver le bouchon de l'action de la chaleur, et de ne pas nuire à la condensation complète des vapeurs aqueuses dans les boules à chlorure de chaux (*eh*).

247. Le tout étant ainsi disposé, il en résulte

que la substance organique brûlée par l'oxygène dégagé de l'oxyde du cuivre, se transforme 1° en eau, que le tube à chlorure (*ch*) absorbe au passage, 2° en acide carbonique qui traverse impunément le chlorure, mais va se combiner avec la potasse, en traversant successivement la dissolution alcaline des trois boules (*po*), les deux supérieures servant de tube de sûreté (218) aux quantités de liquide alcalin que le gaz serait dans le cas de soulever. Quant à l'azote, s'il existe, il va se rendre sous le mercure (211). Le petit support (*s'*) sert à sontenir horizontalement et à la hauteur voulue, le tube à chlorure; et aux grands supports (*s*) se suspend l'appareil fragile des cinq boules à potasse; les vis de pression (*v*) de chacun de ces supports servent à élever ou à abaisser les points d'appui à la hauteur voulue.

248. Ce procédé, d'une exécution si peu compliquée, ne laisse pas que de demander des précautions délicates dans la manipulation. L'attention doit se porter principalement sur les moyens d'employer l'oxyde de cuivre parfaitement sec, et de rendre complète l'absorption de l'eau et de l'acide carbonique.

249. On a soin de mêler, à l'oxyde de cuivre, de la tournure du même métal grillée, afin de diviser la poudre et d'ouvrir un passage libre aux vapeurs et aux gaz qui se dégagent. Au moyen d'une petite pompe à air (pl. 2, fig. 4, *pm*), on peut facilement dépouiller l'oxyde de cuivre de toute l'humidité, dont il s'imprègne avec tant d'avidité, au contact de l'air. Cette pompe (*pm*) est munie d'un robinet à sa base, et communique avec un tube muni également d'un robinet (*ro*, *ro'*) à chacune de ses extrémités. Ce tube horizontal communique, au moyen de tout autant de tubes en caoutchouc, d'un côté avec un tube horizontal (*ch*), ouvert à ses deux extrémités, et rempli, dans son renflement, de chlorure de chaux; et avec un tube vertical (*tu'*) qui plonge dans le mercure (*m*); de l'autre avec le tube (*tu*) rempli par le mélange d'oxyde et de la substance à analyser. Celui ci plonge dans un bain-marie (*b*), au moyen d'un long cylindre en fer-blanc qui vient s'appuyer sur la grille (*gr*) du fourneau (*f*). L'extrémité effilée du tube à combustion (*tu*) s'implante dans un boucbon (*bo*) qui le maintient fixe. Tout étant ainsi disposé, on chauffe le bain-marie (*b*); on ferme le robinet (*ro'*), tous les autres étant ouverts; on fait le vide dans l'appareil au moyen de la pompe (*pm*); on marque avec un curseur la hauteur à laquelle le mercure (*m*) s'élève dans le tube vertical (*tu'*); on ferme le robinet (*ro*), et si le mercure se maintient à cette hauteur pendant quelques instants, c'est une preuve que l'appareil ne fuit pas, et que l'opération se trouvera de la sorte à l'abri de l'air extérieur, qui pourrait s'introduire, sans s'être dépouillé da son humidité bygrométrique. Cela reconnu, on ouvre les trois robinets du tube horizontal, pour laisser entrer l'air par le tube à chlorure (*ch*), où il se dessèche en passant. On recommence ensuite à faire le vide, et on recommence 12 à 15 fois; on est sûr alors d'avoir enlevé toute l'humidité du tube à combustion. On se hâte enfin de placer celui-ci (*tu*) sur le fourneau (fig. 3), et de l'adapter au reste de l'appareil. On décompose la substance organique, en chauffant d'abord du côté de l'extrémité ouverte, et s'avançant peu à peu vers l'extrémité fermée. Dès que le tube de verre est porté au rouge vif vers son ouverture, on pousse deux ou trois charbons vers son extrémité effilée, afin que les vapeurs ne viennent pas se condenser sur ce point. Que si le dégagement de gaz acide carbonique se faisait avec trop de rapidité, on s'empresserait de diminuer la chaleur, en enlevant quelques charbons; sans cette précaution, le gaz passerait à travers la solution de potasse, sans se combiner avec elle, en la projetant dans les boules vides du tube (*po*).

250. La combustion une fois complétement opérée (ce que l'on reconnait à l'absence des gouttes oléagineuses ou des vapeurs empyreumatiques qui ne manquent pas de se montrer dans les parties froides de l'appareil, toutes les fois que la substance organique n'a été qu'imparfaitement brûlée), on passe à la détermination des proportions des produits obtenus. On casse l'extrémité effilée à la lampe (*a*) du tube à combustion (fig. 3), on y adapte un tube rempli de fragments de chaux; on aspire l'air par l'extrémité du tube à potasse (*po*); de cette manière on attire la quantité d'eau et d'acide carbonique qui pourrait se trouver dans l'appareil, vers le chlorure et la potasse qui les absorbent. Tout se réduit alors à des pesées. L'excès de poids de la solution da potasse (*po*) donne le poids de l'acide carbonique, l'excès de poids du chlorure de chaux donne le poids de l'eau. Cette quantité d'eau et d'acide carbonique ne saurait être que le produit de la combustion de la substance organique par l'oxygène du corps comburant; elle doit donc se trouver supérieure en poids à la quantité de substance brûlée; en soustrayant donc le poids de la substance brûlée du poids de ses produits, on obtient le poids de l'oxygène qui lui est étranger, que l'on défalque

de la quantité d'oxygène qui se trouve combinée avec l'hydrogène dans l'eau, et avec le carbone dans l'acide carbonique. Le carbone, l'hydrogène et l'oxygène restant, appartiennent exclusivement à la substance analysée.

251. Soit, par exemple, un gramme de substance organique à analyser ; si j'en obtiens quatre décigrammes d'acide carbonique et sept décigrammes d'eau = un gramme et un décigramme, il est évident que le décigramme en sus représentera l'oxygène fourni par la désoxydation de l'oxyde de cuivre, quantité que l'on devra défalquer.

252. Lorsqu'il s'agit de l'analyse des substances azotées, quelques chimistes font une double opération, l'une pour le dosage de l'acide carbonique et de l'eau, qui est celle que nous venons de décrire, et l'autre pour le dosage de l'azote, qui ne diffère de la précédente qu'en ce que l'extrémité fermée du tube à combustion reçoit dix à vingt grammes de carbonate de plomb sec et bien pur. Lorsque la combustion paraît entièrement terminée, on ajoute peu à peu quelques charbons sous le carbonate de plomb, pour que l'acide carbonique qui se dégage chasse tout l'azote sous le récipient. Mais nous ne sachions pas que les analyses des substances azotées opérées ainsi en deux fois aient offert, dans leurs résultats, une plus grande précision que les analyses faites de la manière précédente, c'est-à-dire, par une seule et même combustion.

RÉFLEXIONS CRITIQUES SUR LES INDUCTIONS QUE LE CHIMISTE EST DANS LE CAS DE TIRER DE L'ANALYSE ÉLÉMENTAIRE.

253. Ce fut une découverte d'une portée immense, que de constater directement que la substance organique se décompose, sous l'influence de la chaleur, en deux, trois ou quatre gaz : carbone devenu gazeux par son union avec l'un des trois autres, oxygène, hydrogène et azote ; elle est marquée du nom de Lavoisier. Ce fut une belle application de la découverte, que de parvenir à trouver une méthode qui permit d'évaluer, en poids et en volume, les rapports de ces gaz entre eux, après la combustion complète d'une substance organique donnée : ce genre de mérite revient de droit à Gay-Lussac.

254. Le perfectionnement apporté à sa méthode est un résultat pratique, dont les observateurs ont eu à se féliciter.

255. Mais nous ne saurions le dissimuler, si d'un côté la science avait fait un grand pas, par le succès du procédé opératoire, elle n'a progressé qu'en sens inverse, par suite de la synthèse théorique, par suite de l'interprétation des résultats, c'est-à-dire alors que l'esprit a cherché à replacer par la pensée les produits gazeux dans leur premier état de combinaison, et à recomposer d'imagination la substance que la combustion venait de désorganiser. Nous porterons plus loin le reproche, et nous nous croyons en droit d'établir que les procédés d'analyse élémentaire les moins compliqués, ceux qui jouissent de la réputation la mieux méritée, sont encore incapables, non-seulement de nous faire évaluer les véritables proportions des éléments qui entrent dans la composition d'une substance organique, mais encore de nous révéler l'existence d'un certain nombre d'entre eux. Notre reproche s'appuie non sur des conjectures, mais sur une rigoureuse démonstration, dont nous allons discuter les éléments, de manière à en faire apprécier la valeur même aux personnes qui débuteraient dans l'étude de cette science.

256. 1° Il est prouvé par l'expérience que deux auteurs ne sauraient se rencontrer en leurs résultats, dans l'analyse de la même substance organique, alors même qu'ils la décomposeraient par le même procédé ; que dis-je ? le même auteur ne saurait se rencontrer une seule fois lui-même, sur un assez grand nombre d'analyses consécutives du même corps ; et les nombres obtenus, par ces diverses analyses, diffèrent presque toujours dans le second chiffre, souvent dans le premier, et cela par un écart assez considérable. L'analyse de l'une offre 49 de carbone, celle de l'autre 50 ; la première 6 d'hydrogène, l'autre 7. Pelletier et Dumas trouvent que la NARCOTINE est composée de la manière suivante :

Carbone,	oxygène,	hydrogène,	azote,
68,88	18,00	7,21	6,01

Liebig leur répond par une analyse qui a dû être faite avec d'autant plus de précaution que l'auteur avait à réfuter la première. Ces deux analyses de la même substance ont l'air d'être les analyses de deux substances de nom différent. Liebig en effet trouve que la narcotine est composée de :

Carbone,	oxygène,	hydrogène,	azote,
65,00	26,99	2,51	5,50

En 1832, Pelletier revient sur sa première analyse, il la reprend en sous-œuvre, averti qu'il est par Liebig ; et tout ce qu'il *peut faire*, pour

tomber d'accord avec celui-ci, c'est de trouver que la narcotine se compose de :

Carbone,	oxygène,	hydrogène,	azote.
65,17	25,07	5,31	4,33

Et il reste encore, dans l'hydrogène des deux analyses, l'énorme différence de 2,80.

257. Or, quand le procédé analytique est dans le cas de fournir de semblables écarts dans les premiers chiffres des nombres entiers, on ne sait trop expliquer pourquoi les chimistes tiennent tant au luxe des décimales, que la plupart d'entre eux portent jusqu'à trois. Nous conseillons à nos lecteurs de négliger absolument ces fractions, dans les calculs auxquels ils auront à se livrer ; et il est fort probable que nous prendrons le parti, dans l'intérêt des élèves, de les supprimer entièrement en transcrivant les analyses des auteurs ; le moindre inconvénient de cette superfluité est de fatiguer la vue et de rendre les rapports moins saillants.

258. 2° La présence ou l'absence de l'azote est un fait des plus essentiels à constater ; or il est constant que les analyses des maîtres les plus habiles n'en ont pas même révélé des traces, dans une substance qui en renferme des quantités appréciables aux réactifs, je veux parler de la gomme arabique et de la gomme adragante. D'après les analystes, ces deux substances ne sont composées que de carbone, d'hydrogène et d'oxygène, tandis que la fumée de ces diverses gommes ramène au bleu un papier tournesol rougi par les acides, et qu'à la distillation on en recueille de l'ammoniaque en assez grande proportion, pour en obtenir des sels par sa combinaison avec un acide. Or, Saussure est le seul qui, ainsi que dans toutes les substances soumises à son procédé analytique (242), ait constaté une faible proportion d'azote dans la gomme arabique.

259. 3° Lorsque le chimiste a constaté la présence et les proportions de l'azote au nombre des produits de la combustion analytique, il a considéré ce gaz comme le quatrième élément de la substance analysée, comme entrant dans la composition de la molécule organique, au même titre que les trois autres. Les substances non azotées étant toujours à ses yeux des combinaisons ternaires de carbone, d'hydrogène et d'oxygène, les substances azotées, par la force du même raisonnement, sont devenues des combinaisons quaternaires de carbone, d'hydrogène, d'oxygène et d'azote ; et nous ne voyons pas trop ce que cette induction aurait tant à reprocher à celle des savants d'une école académique, qui ont admis comme des combinaisons quinaires et même sénaires, celles où les quatre premiers produits se trouvent mêlés au soufre ou au phosphore.

260. Il n'est venu dans l'esprit de personne de se demander, si l'azote obtenu isolément ne résulterait pas de la décomposition d'un sel ammoniacal, avec lequel la substance organique aurait pu se trouver mélangée, associée ou combinée. Chacun sait pourtant que l'ammoniaque se décompose en hydrogène d'un côté, et en azote de l'autre, à la chaleur rouge, par le contact de certains métaux, de certaines substances, et surtout du charbon. Donc, s'il existe un sel ammoniacal dans la substance soumise à l'analyse, il est évident que par l'effet de la combustion, son hydrogène ira grossir, en se combinant avec l'oxygène du corps comburant, la quantité d'eau produite par la combustion de l'hydrogène de la substance organique elle-même, et que l'azote apparaîtra isolément. Or, dans la plupart des substances dites quaternaires ou azotées, l'albumine, par exemple, il est facile, avant leur analyse, et dans leur état d'intégrité, de constater la présence de sels ammoniacaux ; il suffit d'en délayer une certaine quantité sur le porte-objet du microscope, pour obtenir de magnifiques arborisations d'hydrochlorate d'ammoniaque, dont on peut faire l'analyse au moyen des réactifs ordinaires ; et combien d'autres sels ammoniacaux existent d'une manière moins apparente dans un mélange organisé ?

261. A ce compte nous avons porté depuis longtemps le défi aux chimistes analystes, et nous le soutenons encore, de reconnaître l'origine des substances naturellement les moins azotées, que nous aurions eu soin de mélanger à leur insu avec des sels ammoniacaux à acide végétal. Nous sommes convaincu qu'ils n'auraient pas manqué de transporter, sur la liste des substances azotées, le mucilage et les gommes imprégnées de pareils sels en une certaine proportion, surtout alors que nous aurions acidifié le mélange avec un acide énergique, dans le but de saturer la potasse, que l'on aurait pu employer, pour opérer le dégagement de l'ammoniaque (*). Or, ce que nous

(*) La potasse caustique a la propriété de désorganiser à son profit les tissus organiques, et de se carbonater aux dépens de leur carbone, lors donc que la substance attaquée sera un tissu organisé, il pourra se faire que la potasse soit saturée aux dépens des couches externes du tissu, avant d'arriver jusqu'à la région occupée par le sel, dont on désire éliminer l'ammoniaque au moyen de la potasse.

aurions tenté dans ce défi, la nature le réalise tous les jours dans les analyses ordinaires, et le catalogue des substances organiques compte plus d'un de ces corps trompeurs, que la nouvelle méthode ne tardera pas à faire disparaître.

262. 4° Il ne faudrait pas penser que tout se passe, dans une analyse, exactement comme l'indique la théorie; et quoique nous ayons établi que l'ammoniaque préexistante ou toute formée pendant l'opération se décompose au contact des charbons incandescents, il n'en est pas moins vrai qu'il peut s'en échapper, en tout état d'intégrité, des quantités assez considérables, pour alcaliser l'eau recueillie, d'une manière sensible aux réactifs.

Mais si la substance organique renferme un sel ammoniacal neutre et volatil, au lieu d'un sel à acide fixe, on ne saurait nier que ce sel puisse aussi bien échapper à l'action de la combustion, que le fait l'ammoniaque même. Or comme ce sel passera neutre, et que dans les analyses on se contente d'examiner si l'eau est alcaline, il est évident que l'eau recueillie dans le récipient (238) pourra en être saturée à l'insu de l'observateur. On attribuera donc à l'eau le poids du sel qui la sature, et d'un autre côté, il manquera à l'azote et à l'acide carbonique, des quantités respectives que l'eau leur a enlevées au passage. Que dis-je? une substance fortement azotée pourra, à cause de cette seule circonstance, être rangée, par l'analyste, au rang des substances les plus dépourvues d'azote que nous connaissions.

263. 5° Les substances organiques sont toujours mélangées ou combinées avec des sels, dont la quantité s'élève jusqu'au tiers de leur poids dans certaines d'entre elles. Par l'incinération de la gomme arabique, on obtient les deux tiers de carbonate de chaux, dont l'acide carbonique s'est formé par la combustion, aux dépens des éléments organiques de la gomme; nous avons déjà fait mention plus haut (258) des sels ammoniacaux, dont la gomme est imprégnée, et que l'analyse élémentaire a méconnus. Quant aux autres, ils sont en général perdus de vue par l'analyste, ils passent sur le compte de la substance organisée; et, comme ils restent dans le tube à combustion après l'analyse, et qu'on ne les fait point entrer dans les calculs des nouvelles pesées, il s'ensuit que leur poids est reporté sur l'oxygène dégagé du corps comburant. Car pour savoir combien le corps comburant a fourni d'oxygène aux produits de la combustion, on compare le poids des produits avec le poids de la substance organique avant l'expérience; l'excès du premier sur le second est attribué à l'oxygène dégagé par le corps comburant; or le poids des produits devant être celui de la substance organique, moins les sels qui sont restés dans le tube et que l'on néglige, et ce déficit étant attribué à l'oxygène du corps comburant, il est évident que l'on défalquera, de la quantité d'oxygène qui appartient en propre à la substance organique, une quantité d'autant plus erronée que les cendres négligées seront plus abondantes.

264. 6° Les sels, dont la substance à analyser se trouve imprégnée avant l'expérience, sont dans le cas d'altérer les résultats du calcul, tout autant par la nature de leurs combinaisons, que par la négligence de leur propre poids. Supposons, en effet, que la base fixe soit combinée avec un acide organique ou avec un acide inorganique volatil, que ce sel soit enfin ou un acétate, ou un tartrate, ou un oxalate, ou même un nitrate, un hydrochlorate, etc. Dans le premier cas, les produits de la combustion de l'acide organique iront grossir les quantités respectives des produits de la substance organisée elle-même; souvent, dès les premières atteintes de la chaleur, l'acide organique sera éliminé dans toute son intégrité, en même temps que la combustion tendra à combiner le carbone avec l'oxygène du corps comburant en acide carbonique; et la potasse dont on se servira, après la combustion, pour obtenir le poids de celui-ci, les absorbera l'un et l'autre à l'insu de l'observateur, qui attribuera ainsi le poids des deux acides réunis au seul acide carbonique. L'erreur sera la même si les sels de la substance organique sont des nitrates, des hydrochlorates et des sulfates même, décomposables par le feu; les acides nitreux, sulfureux, hydrochlorique, iront grossir au passage le poids apparent du gaz acide carbonique, en s'associant avec la même base. Il en sera de même des sels ammoniacaux, dont le feu aura augmenté les proportions d'acide, en décomposant les proportions correspondantes de base; ces sels iront former des doubles sels avec la potasse et l'acide carbonique éliminé par la combustion; car on sait que les sels ammoniacaux ont une tendance prononcée à former des sels doubles, dont la plupart n'ont pas encore été soumis à un examen approfondi.

265. 7° Dans les procédés de Berzélius et de Gay-Lussac, on s'assure si l'eau est alcaline; dans ceux de Liebig on doit renoncer à ce caractère,

l'eau étant immédiatement absorbée par le chlorure de chaux or le chlorure de chaux absorbe l'eau ammoniacale aussi bien que l'eau pure, sans en dégager l'ammoniaque, pourvu que la dose de cet alcali ne soit pas en excès. Cette quantité d'ammoniaque passera donc sur le compte du produit aqueux, lorsqu'on s'appliquera à établir les proportions de l'eau et de l'acide carbonique.

266. 8° Enfin (et c'est ici un point capital par rapport à la distinction des substances azotées et non azotées), d'après les expériences de Despretz, on sait que le cuivre, ainsi que le fer, l'argent, le platine et l'or, ont la propriété de décomposer le gaz ammoniaque à une chaleur un peu plus élevée que le rouge-cerise, et qu'ils absorbent une quantité assez notable d'azote, pour en devenir cassants au moindre effort, et pour changer même de couleur. 100 de fer augmentent en poids de 11,538, et, en volume, de telle sorte que le fer perd totalement sa primitive densité. Or le tube à combustion est rempli, dans toute la portion que n'occupe pas l'oxyde de cuivre, de cuivre métallique en fil et en limaille; si donc la nature ne dérange pas ses lois en faveur des théories analytiques, il faut qu'une grande quantité de l'azote des produits ammoniacaux de la combustion soit en général absorbée par le cuivre, et que dans certains cas toute la quantité même de l'azote de la substance organique disparaisse pour se combiner avec le métal. Dans le premier cas la proportion d'azote sera diminuée; dans le second, la substance organique sera rangée au nombre des substances entièrement dépourvues d'azote.

267. Il doit donc paraître indubitable qu'aucune de nos analyses, même celles qui se font remarquer par un luxe et un raffinement d'exactitude, ne saurait être considérée comme l'expression réelle et la formule de la composition intime d'un corps organique quelconque ; il ne doit pas le paraître moins que le plus grand nombre d'entre les plus exactes nous induisent en erreur, non-seulement relativement aux proportions des éléments, mais encore relativement à la présence ou à l'absence de l'un d'entre eux, de l'azote spécialement. Que les analyses élémentaires soient donc à nos yeux de précieux enseignements; mais ne leur donnons pas une importance d'une plus grande portée, et cherchons ailleurs l'explication de la désespérante homogénéité de composition que nous présentent, à ce creuset, des substances, qui à leur état d'intégrité jouissent de propriétés si diverses, telles que le sucre, la gomme arabique, le ligneux et l'amidon.

268. Les principes que nous venons de formuler expliquent très-bien la raison pour laquelle Saussure (242) a constaté des quantités appréciables d'azote, là où les autres analystes n'en ont pas même aperçu des traces. Le procédé de Saussure ne mettait la substance en contact qu'avec l'oxygène; tandis que par les autres la substance à analyser est mêlée avec des corps capables d'absorber au passage, en totalité ou en partie, les produits de la combustion. Cependant il ne faudrait pas en conclure que le procédé de Saussure amène à des résultats plus conformes à la vraie composition des corps ; car les produits, qui s'étaient mieux isolés par le procédé de la combustion, viennent de nouveau se confondre par les procédés de l'évaluation et de la pesée; et la plupart d'entre eux sont dans le cas de disparaître entièrement sous le masque de l'acide carbonique ou de l'eau. Si en effet il s'est formé une certaine quantité d'acide nitrique, il est certain que cet acide se mêlant par sa grande volatilité avec l'acide carbonique, augmentera, sous le nom de ce dernier, le poids de la potasse avec laquelle on l'absorbe, et que les sels neutres ammoniacaux augmenteront à leur tour le poids de l'eau qu'on absorbe par le chlorure, ou qu'on chercherait à peser directement.

269. Au procédé de Liebig (245) reste donc l'avantage d'être plus expéditif; mais c'est là le seul avantage par lequel il l'emporte sur les autres. Si d'un côté il est à la portée des observateurs les plus inhabiles, il est certain de l'autre qu'entre les mains des plus habiles il ne saurait donner des résultats plus précis. Aussi avons-nous vu les analyses se multiplier, comme des répétitions les unes des autres, depuis sa publication; et cette uniformité dans les résultats, qui a pu paraître d'un heureux augure au plus grand nombre, n'a été à nos yeux qu'un pas rétrograde dans la théorie, par le caractère apparent de fixité qu'ont pris les faits observés. Le procédé de Liebig, qui est le plus facile, en attend un autre qui soit le plus complet.

270. On se rapprochera d'autant plus du degré de perfection dont il nous est permis de nous flatter, qu'on négligera moins et l'étude des sels de la substance organique, et l'étude des combinaisons des produits avec la substance comburante, et l'étude des mélanges, qui sont en état de masquer, aux yeux de l'observateur, la nature des produits gazeux et liquides de la combustion élémentaire.

CHAPITRE VIII.

DÉMONSTRATION OU SYNTHÈSE.

271. La synthèse réelle consistera à replacer les produits, isolés par l'analyse, dans les mêmes conditions où ils se trouvaient avant toute manipulation ; à mêler, associer, combiner les éléments séparément obtenus, aussi intimement et dans les mêmes rapports que l'avait fait la nature : rapports de nombre, de poids, de volume, de structure et d'aspect. Mais ce serait là créer ; et jusqu'à présent, en chimie organique, notre puissance s'est bornée presque à observer. La seule synthèse qui soit en général à notre disposition, se réduit à comprendre et à démontrer les conditions d'une combinaison, mais sans avoir la faculté de la reproduire de toutes pièces. S'il nous arrive de former des sels avec des acides et des bases, des acides avec des gaz et des corps solides, jusqu'à présent il nous a été impossible de refaire un organe, que dis-je? une substance organique, avec la même quantité de gaz et de sels que nous en avons retirés, par la combustion.

272. En chimie organique la synthèse s'arrête donc à l'interprétation des phénomènes; après avoir parlé aux yeux, par l'analyse directe, elle s'adresse à la perception, pour reconstruire pièce à pièce la machine, dont elle avait désiré étudier un à un les rouages. Elle ne recombine que par la pensée ; elle ne rend la vie qu'à des images ; sa fierté la plus noble s'arrête au privilége de contempler la création face à face, de suivre les traces de feu que la nature laisse sur son passage, de la deviner lorsqu'elle se cache, de la comprendre lorsqu'elle se révèle, de l'admirer alors qu'elle s'élève si haut, qu'il ne nous est plus permis de la deviner ou de la comprendre. Le spectacle de l'intelligence humaine aux prises avec les faits de la création, est ce que la divinité, s'il est permis de la personnifier sans rabaisser sa puissance, doit fixer avec le plus d'orgueil, dans le chef-d'œuvre de son immense ouvrage.

273. La synthèse, ce complément des plus longues opérations, ayant pour but de déterminer les rapports des faits, que l'analyse a mis en évidence, et d'obtenir des formules exactes par la combinaison raisonnée des précédentes approximations, la synthèse remplace les méthodes d'investigation par les méthodes de précision. Or, comme l'objet spécial de la chimie est de constater le nombre d'éléments qui rentrent dans la structure d'un corps, et leurs rapports de quantité, la synthèse chimique, dans ce qu'elle a de matériel, doit restreindre ses formules à l'indication précise des poids et des volumes des corps, dont l'analyse avait indiqué le nombre, les réactions et les caractères. Elle pèse et mesure ; l'analogie et l'induction suppléent ensuite aux lacunes de l'opération mécanique, rassemblant de nouveau toutes les pièces éparses de l'édifice, assignant à chaque corps sa place et sa part dans les phénomènes, révélant enfin à la pensée la structure intime des corps qui échappent à notre vue. La synthèse chimique, en un mot, se base sur trois opérations principales, dont deux pour ainsi dire toutes mécaniques, et la troisième intellectuelle : le *jaugeage*, le *pesage*, et l'*induction*.

§ I. *Jaugeage.*

274. Le *jaugeage* est l'opération qui a pour objet de constater le volume d'un gaz, d'un liquide ou d'un corps solide.

275. On entend par *volume* le rapport de l'espace qu'occupe un corps donné, avec l'espace d'un autre corps pris pour unité : un corps qui occupe un espace double de cette unité, a un volume deux fois plus grand, a le double de volume, et le rapport de son volume est représenté par *deux*.

276. On appelle *mesure* tout appareil propre à mettre dans toute son évidence l'exactitude de ces rapports : *mesurer* un corps, c'est reconnaître combien de fois l'unité de convention est comprise dans son volume, sur une de ses surfaces, ou simplement sur l'une de ses dimensions ; en chimie (11), on ne *mesure* des surfaces et des longueurs que pour arriver à constater des volumes.

277. Les corps à mesurer sont susceptibles ou non d'occuper exactement la même capacité que l'unité de mesure; le procédé de *jaugeage* est différent dans les deux cas.

278. VOLUME DES LIQUIDES ET DES GAZ. Les substances liquides et gazeuses, en vertu de la mobilité et de l'équilibre de leurs molécules, ont la propriété d'occuper exactement toutes les formes de capacité. Leur *jaugeage* n'est qu'une substitution de leur quantité à l'unité de mesure; et si le vase qui sert de mesure est transparent, on n'a besoin, pour constater les rapports, que

de lire simplement la graduation écrite aur une des surfaces. C'est le résultat que l'on obtient avec les *éprouvettes* ou les *cloches en verre* (216). Nous avons déjà indiqué les procédés de graduation que l'on emploie pour ces sortes de vases.

279. Le *jaugeage* des liquides non volatils peut se faire dans une *éprouvette à patte* (pl. 1, fig. 12); on emploie da préférence les *éprouvettes* qui sont munies d'une rigole (164) à leur pourtour. Les *liquides volatils* se mesurent comme *les gaz*, sous des éprouvettes ou des cloches renversées; et même lorsque leor quantité ne serait pas assez clairement appréciable dans des vases de cette capacité, on emploie de longs tubes de verre gradués, d'un faible dtamétre, forme qui augmente la dimension en longueur de toute la quantité qu'elle enléve à la largeur, et qui permet de voir des petits volumes sur uoe échelle considérable.

280. Un gaz ne doit être mesuré qu'après avoir été dépouillé d'humidité ou de toute autre vapeur; un liquide ne doit l'être qu'après avoir été porgé de gaz étranger et d'air atmosphérique. Mais les liquides ainsi que les gaz doivent être replacés préalablement, et par la voie directe, dans les circonstances atmosphériques dans lesquelles a été prise l'unité de mesure, on bien on doit tenir soigneusement compte des différences de situation, afio que le calcul ait toutes les données nécessaires pour établir la balance exacte, lorsque l'opération directe n'a pu atteindre l'identité des conditions. En effet, il est connu que les corps augmentent de volnme avec l'élévatioo de température; la méme quantité d'une substance pourra done offrir deux volumes différents, selon qu'on l'observera à deux températures différentes; pour avoir donc le chiffre exact des rapports des volumes, il faudra que l'on mesure la substanee, à la méme tempérarure qu'avait été prise la mesure de l'étalon. D'un autre côté, il est encore reconnu que la pression diminue le volume d'un corps, de méme que la température l'augmente; or, si la pression atmosphérique était invariable, le volume respectif de tous les corps soumis à la pression atmosphérique serait invariable à son tour; mais l'expérience démontre le contraire, et nous voyons tous les jours la colonne de mercure, qui fait équilibre au poids de l'atmosphére, deseendre ou monter, et indiquer partant des pressions plus ou moins considérables. Il sera done eneore nécessaire de tenir compte de eette indication barométrique, pour pouvoir, par le calcul, rameoer la comparaison, de laquelte on doit déduire les rapports des volumes à une pression constante.

281. Dans toute espèce de jaugeage, on aura done soio de noter, avec la plus scrupuleuse exactitude, le degré du *thermomètre* et celui du *baromètre*.

282. On ne doit pas négliger les causes étrangéres ou inhérentes au procédé lui-méme de l'opération, qui seraient dans le cas d'échauffer la substanee ou de la comprimer. On évite les unes par des précautions que ehacun peut prévoir d'avance, et l'on évalue les autres par le calcul pour en faire la part. On a soin de ne point toueher les cloches avee les mains, de les mettre méme à l'abri de son haleine, et de maintenir le local à une température constante.

283. Quant à la pression accidentelle, et qui provient du fait du procédé lui-méme, on l'évalue de la maniére suivante : ou bien la surface interne du mercure est au-dessous de la surface externe dn bain, et dans ce cas le gaz est comprimé d'autant ; ou bien la surface du mercure renfermé dans la cloche est au-dessus de la surface du mercure du hain, et dans ce eas le gaz est dilaté. Dans le premier cas, on retire la eloche, jusqu'à ee que le niveau soit parfaitement rétabli entre les deux surfaces du mercure; dans le second, on l'enfonce pour arriver au méme résultat. Que si le hain de mercure n'est pas assez profond pour que la eloche puisse s'y enfoncer, jusqu'au point que l'oo cherehe à atteindre, alors on mesure, aossi exaetement que l'on peut, la hauteur dont la surface externe dépasse la surface interne, et on retranche eelle-ei de la bauteur de la eolonne barométrique. Par exemple, que le barométre marque 76 centimétres, et que la distance des deux surfaces du mereure du hain dans lequel on observe un gaz soit de 3 eentimètres; on saura que la pression sous laquelle le gaz est observé est trop faible de 3 centimétres, que l'on retranchera en conséquence de la pression atmosphérique, laquelle sera ramenée de la sorte à 73 centimétres; e'est-à-dire que le gaz aura été observé à la méme densité qu'il aurait eue, si, lorsque les deux surfaces du bain du mereure étaient un niveau, le baro métre avait marqué 73.

284. L'observation étant terminée, on raméne le volume à celui que la méme substance aurait occupé, si on l'avait mesuré à la tempérarure de 4° eentigrades, et à la pression barométrique de 76 centimétres.

285. Les gaz se dilatant de 0,00375 de leur volume, à chaque degré de tempéralure qu'ils

s'élèvent, il s'ensuit que, pour ramener le volume obtenu directement, à celui qu'aurait offert la substance à 4° centigrades (*), il suffit de retrancher, autant de fois $\frac{375}{100000}$ de son volume, que l'on compte de degrés, au-dessus de 4°, jusqu'à celui de la température à laquelle on observe, ou d'ajouter autant de fois $\frac{375}{100000}$ de son volume, que l'on compte de degrés au-dessous de 4°, jusqu'à celui de la température ambiante. Mais comme le coefficient de la dilatation $\frac{375}{100000}$ n'est pas une fraction du volume observé, mais bien du volume qu'il aurait acquis, après s'être refroidi jusqu'à zéro, il est nécessaire de ramener préalablement par le calcul son volume à zéro; on y parvient par une règle de trois fondée sur une donnée précise. Biggs a indiqué la méthode suivante : 266,7 volumes d'air à zéro augmentent d'un volume à chaque degré du thermomètre; or, supposons qu'on ait à ramener, à la température de 20°, 150 centimètres cubes de gaz qui ont été mesurés à 8°; si on ajoute 20° à 266,7, on aura 286,7 exprimant le volume de l'air à 20°; si on ajoute 8° à 266,7, on aura 274,7, qui exprimera le volume de l'air à 8°; on établira de cette manière la proportion suivante : 274,7 : 286,7 : : 150 : 156,553; c'est-à-dire le volume de l'air à 8° est au volume de l'air à 20°, comme le volume du gaz observé à 8°, et qui à cette température était de 150 centimètres cubes, est au volume que ce même gaz occuperait à 20°, c'est-à-dire est de 156 centimètres 553.

286. La réduction relative à la pression barométrique s'obtient, par la différence qui existe entre la hauteur à laquelle a été faite l'observation, et celle à laquelle on veut ramener le volume; car la pression exercée par le poids de l'atmosphère sur le gaz à observer, est proportionnelle à la pression exercée sur la colonne du mercure. Le volume du gaz observé sera donc, au volume du gaz cherché, comme la hauteur barométrique observée sera à la hauteur cherchée. Un volume de 20 centimètres cubes de gaz mesurés à $0^m,765$ du baromètre, sera ramené au volume que le gaz occuperait à $0^m,76$, par la proportion suivante : $0^m,765$: $0^m,76$: : 20 : 19,86; c'est-à-dire qu'à la pression de $0^m,76$, le volume ci-dessus serait réduit à 19,86 centimètres cubes.

287. Volume des corps solides. Les corps solides affectant des formes invariables, ou peu susceptibles de se mouler exactement, et sans lacune, dans la capacité de la mesure, on détermine leur volume par la quantité de liquide qu'ils déplacent, quantité susceptible d'être mesurée par les procédés précédents. Soit, par exemple, une *éprouvette à patte*, et graduée en 100° (216), remplie de liquide jusqu'à 80°; si, après que l'on y a plongé un corps solide, le niveau du liquide arrive à 100°, il est évident que le volume du corps solide, c'est-à-dire l'espace qu'il occupe, égale le volume que représentent 20° de la mesure de capacité employée. Si chacun de ces degrés marque un centimètre cube, et que le liquide employé soit de l'eau distillée ramenée à 4° centigrades du thermomètre, le volume du corps solide sera donc de deux centilitres.

288. Moins le corps solide est poreux, et plus le résultat offre d'exactitude; quant aux corps poreux, on a la précaution de chasser, de leurs pores, l'air qui serait dans le cas de s'opposer à l'introduction du liquide, et on y parvient, soit en agitant le liquide dans lequel on plonge le corps, soit en soumettant le corps poreux à l'influence d'une chaleur convenable, avant de le plonger dans le liquide.

289. Une condition essentielle à observer dans cette opération, c'est de n'employer d'autre espèce de liquides que ceux dans lesquels le corps ne saurait se dissoudre, même en faible quantité; car le corps y laisserait une partie de son volume, et ne serait plus de la même dimension, en sortant. On se sert du mercure ou de l'alcool pour les corps solubles dans l'eau; de l'eau pour les corps solubles dans le mercure; de l'alcool et de l'éther pour les corps solubles dans l'eau; de l'huile ordinaire pour certaines substances; de l'huile de pétrole pour les corps susceptibles de s'oxygéner spontanément, aux dépens de l'oxygène qui forme un des éléments du liquide.

290. L'unité de mesure peut impunément être arbitraire, lorsque l'observateur n'a en vue que de constater les rapports en volume des éléments d'une même substance entre eux; c'est-à-dire toutes les fois qu'il ne les considère que comme des fractions d'une masse donnée; mais lorsque le but de l'observation est de fournir et les rapports de composition du corps observé avec un corps

(*) L'eau distillée, dont le système métrique s'est servi pour établir l'unité de poids, atteignant sa plus grande densité vers 4° centigrades, c'est à cette température que doit être ramené le volume de toutes les substances, dont on se propose de connaître la densité, c'est à-dire le rapport exact du poids au volume.

Digitized by Google

analogue, et les bases sur lesquelles une observation ultérieure puisse asseoir une comparaison, il devient nécessaire d'adopter une mesure commune et légale. Le système métrique français paraît devoir être un jour la mesure commune de la science; il ne reste plus que deux nations où les savants, encore tourmentés par les vieilleries d'une mesquine nationalité, se refusent à employer ce mode de numération; les Français ont le bon sens de se montrer moins difficiles, sur l'adoption des réformes et des améliorations qui nous viennent de l'étranger.

291. Les mesures légales de capacité en France sont les cubes des mesures linéaires: le kilolitre est le cube du mètre, le litre est le cube du décimètre. L'hectolitre est la somme de cent litres; le décalitre, celle de dix litres. Le décilitre est le dixième d'un litre; le centilitre, le centième du litre; et le millilitre le cube du centimètre.

292. Le litre français équivaut à 30,4124 pouces cubes, et à une pinte française, 07; — à 58,2089164 pouces décimètres cubes de Suède; — à 0,22009667 du gallon anglais. La pinte française contenait 2 chopines, la chopine 4 poissons, 8 pintes formaient un septier, 36 septiers un muid. Le gallon anglais contient 10 livres (avoir du pois) d'eau distillée, il équivaut à 8 pintes anglaises, c'est-à-dire 277,2738435 cubes anglais. La pinte anglaise contient 16 fluid-once; celle-ci 8 fluid-drachme, et celle-ci est le cube de 0,2708 pouces anglais; or le pouce anglais équivaut à 0m, 0253908, ou 25 millimètres français, 3968 (*).

§ II. *Pesage.*

293. Le PESAGE (**), ou la PESÉE, a pour but de déterminer le poids d'un corps, indépendamment de son volume, ou le rapport de son volume et de son poids, rapport qui, comparé à celui de l'eau, ou de l'air, prise comme unité, est désigné sous le nom de PESANTEUR SPÉCIFIQUE OU DENSITÉ. La *densité* d'un gaz, d'un liquide ou d'un solide, est donc le poids d'un de ces corps comparé à celui de l'eau distillée, ou de l'air, sous un volume identique.

294. La théorie atomistique a imaginé un autre poids, qui est le poids de l'atome d'une substance quelconque. Ce poids se déduirait de la densité des corps observés, ou ramenés par des considérations hypothétiques, à l'état gazeux. Un des gaz étant pris pour unité, la théorie cherche à donner le poids de tous les autres sous le même volume. Or, en supposant que le même volume renferme le même nombre d'atomes, il serait évident que les rapports de densité des volumes seraient les mêmes que les rapports de densité des atomes, c'est-à-dire, que le poids de l'atome d'une substance serait, par rapport au poids de l'atome d'une autre substance, exactement, comme le poids d'un volume de la première serait par rapport au poids d'un égal volume de la seconde. Nous n'avons pas à nous occuper, dans ce chapitre, de ce genre de densité; c'est un point que nous traiterons plus bas d'une manière plus spéciale.

295. La pesanteur est une propriété inhérente à tous les corps, excepté aux fluides que l'on désigne sous le nom de fluides impondérables; l'air atmosphérique a le poids d'une colonne d'eau de même base, et de 32 pieds d'élévation, et celui d'une colonne de mercure de même base et de 76 centimètres de hauteur. Tous les corps gazeux comme les corps solides sont pesants, mais ils ne le sont pas tous également. La différence relative de la pesanteur se nomme leur poids; il est exprimé par la quantité d'un autre corps pris comme unité commune, à laquelle il peut faire équilibre, lorsque chacune d'elles est attachée à une des extrémités du même levier; ce levier est une balance réduite à sa plus simple expression; et l'on donne le nom de *poids*, sans autre qualification, au corps qui sert de terme de comparaison et d'unité légale. Le *poids d'un corps* est donc le rapport de sa pesanteur avec le *poids* légal; la quantité en *poids* est celle qui fait *contre-poids* à un certain nombre d'unités ou de fractions du *poids légal;* de même que sa quantité en volume (287) est représentée par le cube du mètre ou de ses fractions.

296. L'unité légale du poids, en France, est le gramme, c'est-à-dire le poids d'une substance quelconque, équivalant à celui d'un centimètre cube (millilitre) d'eau distillée à + 4° centigrades. Le décagramme est la somme de dix grammes; l'hectogramme, celle de cent grammes; le kilogramme celle de mille grammes, ce qui représente près de deux livres de l'ancien poids français. Les fractions du gramme sont le décigramme, ou dixième de gramme; le centigramme ou centième

(*) Voyez le *Métrologie ancienne et moderne* de Saigey, 1 v. in-8o

(**) Nous avons employé le mot PESAGE, au lieu de PESÉE, comme pendant de JAUGEAGE (274) le seul mot de la langue qui exprime l'opération par laquelle on cherche à constater des volumes.

de gramme; et le milligramme ou millième de gramme.

297. Il n'entre point dans le cadre de cet ouvrage de donner une description détaillée de la balance à fléau, dont chacun connaît la forme générale. Les balances de laboratoire sont sensibles à un poids d'un milligramme; la dimension n'en est pas considérable, vu qu'avec une si grande sensibilité on peut peser exactement les quantités les plus minimes de substances. On les place dans des cages de verre, pour les préserver des émanations et de l'humidité du laboratoire, qui ne manqueraient pas à la longue d'altérer leur sensibilité. Ces cages sont munies d'une ouverture à coulisse, qui permet de faire les pesées, sans déplacer l'appareil. Le prix d'une de ces balances de petite dimension est rarement au-dessous de 250 fr., non compris la boîte de poids, qui est de 60 francs et plus.

298. En chimie organique, de tels instruments ne sont indispensables que dans les analyses élémentaires (224). Nous pensons même qu'avec une certaine habitude et une certaine dose de patience, l'emploi d'un simple *trébuchet* n'introduirait pas plus de divergence, que ne l'a fait, jusqu'à ce jour, l'emploi des balances plus délicates, dans les résultats analytiques de la décomposition des corps organisés. Lorsqu'on voit deux analyses du même corps, publiées par deux auteurs également habiles et d'une égale bonne foi, présenter des différences dans les premiers chiffres, et des différences dans le rapport de quatre à sept, on ne peut s'abstenir de se demander, s'il n'y a pas un certain charlatanisme à faire sonner si haut la nécessité d'une balance de prix, et si celle-ci aurait si bonne grâce à reprocher au simple trébuchet son peu de sensibilité au milligramme, lorsque toute la sensibilité de la première ne parvient pas à mettre deux auteurs, que dis-je? le même auteur d'accord, sur la valeur de deux ou trois dizaines d'entiers. A quoi me sert la supériorité d'un instrument, si, dans la pratique, elle ne me préserve pas des écarts que je commettrais tout aussi bien avec un instrument vulgaire? Sans doute une balance de prix est, dans ce cas comme dans tous les autres, d'une manipulation plus facile et plus prompte; mais cet avantage dans les analyses élémentaires de substances organiques, tourne plus au profit de l'observateur, qu'à celui de l'observation même; et l'observation n'offrirait pas moins de garantie à mes yeux, si l'observateur était forcé d'y suppléer par une plus grande patience et une plus grande lenteur. Enfin tant que vous n'aurez pas trouvé la cause secrète des anomalies que présentent les analyses les mieux conduites, et la formule qui doit amener, à peu de chose près, à une égale précision dans des circonstances égales, je déclare hautement qu'on aura mauvaise grâce à se targuer de la possession d'une riche balance. Or nous avons démontré plus haut (256) combien les analyses élémentaires des corps organisés se trouvent aujourd'hui encore loin d'offrir une suffisante précision.

299. Quoi qu'il en soit, la pesée exacte d'un corps exige des procédés d'autant plus délicats que la balance est moins sensible. La première condition est d'avoir à sa disposition des poids exacts, que l'on a soin de conserver à l'abri du contact de l'air et dans un endroit très-sec. On peut s'en procurer d'aussi exacts que les poids étalonnés, au moyen de fils de platine tirés à la filière. Soit en effet un de ces fils, qu'on aura amené au poids d'un gramme, en le rognant sur l'une de ses extrémités, sans le soumettre à la moindre traction. Si ensuite on le tourne avec précaution contre un cylindre parfait, en une spire à tours exactement appliqués les uns contre les autres, il est évident que chaque tour de spire sera une portion égale du poids total, dans le cas où le nombre des tours s'accomplirait sans fraction aucune. Si donc on tire une ligne droite de l'extrémité de la spirale à l'autre, il est évident que cette ligne divisera la spirale en tout autant de tours égaux entre eux. Il ne restera qu'à couper chaque tour au point où passera la division marquée longitudinalement, pour obtenir tout autant de fractions égales du poids total du fil tourné en spirale, lesquelles auront pour dénominateur le nombre de tours, et, partant, le nombre des fractions obtenues; ce seront autant de petits poids de même nom, si on a soin d'opérer la division sans perte de substance.

300. La seconde condition est que les plateaux soient à une égale distance de l'extrémité du fléau, dont les bras doivent être à leur tour à une égale distance du couteau sur lequel il pivote. Cependant ce défaut serait sans influence sur les résultats d'une analyse, en ayant soin de placer constamment le poids dans un plateau et la substance dans l'autre; car par cette précaution l'erreur étant proportionnelle dans toutes les pesées, elle disparaîtrait dans les rapports des résultats. Que si l'on désire constater le poids absolu du corps et d'une manière exacte, on a recours à la *pesée par substitution*, même lorsqu'on opère avec une excellente balance : placez un certain nombre

de poids exacts dans l'un des plateaux de la balance; et dans l'autre le corps à peser, auquel vous ajouterez autant de grains de plomb ou d'autres poids inexacts qu'il en faudra pour arriver à établir l'équilibre. Si ensuite vous enlevez le corps à peser, et que vous le remplaciez par des poids exacts, jusqu'à ce que vous ayez de nouveau retrouvé l'équilibre, il est évident que vous aurez obtenu le poids absolu du corps; car vous connaîtrez le nombre de poids qu'il a fallu employer pour le remplacer, et vous aurez fait la pesée dans le même plateau de la balance. Si le bras auquel il est suspendu avait un défaut, cela n'influerait en aucune façon, sur l'exactitude de la pesée, puisque le corps et le poids auraient eu également à vaincre le même défaut et le même obstacle, pour arriver à l'équilibre parfait.

301. La troisième condition est de peser sans perte de substance, dans le transport du corps sur le plateau de la balance. Lorsque la substance est poudreuse, on la pèse dans le vase qui doit servir à la décomposition (207) ou à la dissolution (25). On a soin de peser d'abord le vase, et puis la substance avec le vase; la différence en plus est le poids de celle-ci.

302. La quatrième condition est de préserver la substance de toute imprégnation (28) qui en accroîtrait le poids, de préserver, par exemple, de l'humidité les substances hygrométriques. On soumet à une chaleur convenable celles qui, dans le cours de la manipulation, auraient pu absorber de l'eau ou des gaz susceptibles d'être éliminés par cette voie. On ne pèse pas immédiatement un corps, que l'on vient d'apporter, d'un endroit plus chaud ou plus froid que le laboratoire; on attend qu'il ait pris la température du local, pour soustraire la pesée à l'influence des courants d'air, qu'occasionnerait la présence du corps, autour du plateau de la balance. Par la même raison, on ne laisse pas tomber les rayons solaires sur la balance, afin d'éviter les erreurs auxquelles donnerait lieu l'inégale dilatation des diverses pièces de l'instrument.

303. Une fois qu'on a constaté d'un côté le volume d'un corps (287) et de l'autre son poids exact (293), on a le moyen de déduire sa *pesanteur spécifique* ou *densité*. En effet la densité d'un corps étant le rapport de son poids avec le poids d'un autre corps de même volume, n'est en définitive que le rapport du poids du corps à son propre volume. Or ce rapport étant invariable, il s'ensuit que le poids d'un corps est en raison directe de son volume, qu'en conséquence quel que soit le volume du corps, sa pesée me donnera toujours les mêmes rapports. Si sous le volume d'un litre le corps pèse 2 kilogrammes, sous le volume de deux litres il pèsera 4 kilogrammes; c'est-à-dire que $1 : 2 :: 2 : 4$ ou $\frac{1}{2} = \frac{2}{4}$. Donc pour la densité d'un corps on n'aura qu'à établir les rapports entre son propre poids et son volume. Mais la densité des corps est en raison inverse des volumes, c'est-à-dire que de deux corps de même poids, le plus dense sera celui du plus petit volume et le moins dense celui du plus grand volume. Pour obtenir donc la densité du corps, on divisera le poids par le volume; $\frac{P}{V} = D$.

304. C'est par cette voie qu'on est parvenu à dresser la table des densités du plus grand nombre des corps connus; ce qui fournit les moyens de connaître le volume d'un corps par son poids, et son poids par son volume. On déduit le volume d'un corps, en divisant le poids que l'on vient d'obtenir, par sa densité, dont on trouve le chiffre sur les tables; car si $\frac{P}{V} = D$, il suit que $\frac{P}{D} = V$. On déduit le poids d'un corps, de son volume, que l'on vient de mesurer d'une manière directe, en multipliant le volume par la densité; car si $\frac{P}{D} = V$, il suit que $V \times D = P$; en admettant que les poids et les volumes se rapportent au système métrique.

Par exemple, 1 litre ou 1 décimètre cube d'eau distillée pèse 1000 grammes à 4°,108; $\frac{P}{V} = 1000$. Mais un litre d'air, sous la pression de 76 centimètres, et à la température de zéro, pèse 1 gr. 299, ou 1 gr. 3; $\frac{P}{V} = 0{,}0013$. Si donc je veux savoir le poids de deux litres d'air que j'aurai obtenus d'une analyse, $V \times 0{,}0013 = P$ me donnera 0 kil. 0026, ou 2 gr. 6. Si j'ai constaté un poids d'air de 8 grammes $\frac{P}{D} = V$, ou $\frac{8}{1{,}3}$ me donnera $= 6$ litres 15.

305. Comme on est convenu de prendre, pour unité de densité, celle de l'eau pure, afin d'obtenir la densité de tout autre corps, il suffira de mesurer le poids sous le même volume; prenez un *flacon à l'émeri* (51), que vous pèserez successivement 1° vide, 2° plein d'eau, et 3° ensuite rempli du liquide x, dont on veut déterminer la densité; en désignant la première pesée, c'est-à-dire, la pesée

du flacon vide par P ; la 2e, ou la pesée du flacon plein d'eau, par P' ; et enfin la 3e, ou la pesée du flacon plein de liquide par P'', la fraction $\frac{P'' - P}{P' - P}$ sera la densité, ou pesanteur spécifique du liquide x, par rapport à celle de l'eau prise pour unité, puisque cette fraction exprime le rapport des poids de l'eau et du liquide sous le même volume.

306. On peut déterminer la densité d'un corps, par rapport à celle de l'eau, par le procédé suivant. On pèse le corps seul dans une bonne balance, on obtient P son poids. On place ensuite ce corps et un flacon rempli d'eau sur le même plateau. Lorsqu'au moyen d'un nombre suffisant de poids M placés dans l'autre plateau, on est parvenu à établir l'équilibre, on ouvre le flacon pour y introduire le corps dont on désire connaître la densité ; celui-ci fait sortir un volume d'eau égal au sien ; après avoir bouché et essuyé le flacon, on le replace sur le premier plateau, sur lequel on est obligé d'ajouter un certain nombre de poids P', pour équilibrer la masse M de l'autre plateau. P' évidemment représentera le poids de l'eau déplacée par le corps, mais le volume de ce corps est celui de l'eau déplacée ; sa densité égalera donc le quotient de $\frac{P}{P'}$

307. Si le corps est soluble dans l'eau, on remplira le flacon d'un tout autre liquide, dont la densité soit connue. La pesanteur spécifique du corps par rapport à l'eau ordinaire s'obtiendra par une double opération. Si le corps est pulvérulent, il faut avoir soin de soumettre le liquide qui le renferme à une ébullition suffisante.

308. On donne le nom de *balance hydrostatique* à une balance ordinaire, dont l'un des plateaux est muni, en-dessous, d'un crochet, auquel on peut suspendre un corps solide par un fil très-mince. Elle sert, avec cette simple modification, à mesurer les densités des corps solides et liquides. Pour les corps liquides, on met, sur le plateau à crochet, un corps solide quelconque muni d'un crochet, une boule de cuivre par exemple, et on équilibre en plaçant une masse de poids M sur l'autre plateau ; on attache ensuite le corps au crochet, et on le plonge successivement dans l'eau et dans le liquide, dont on cherche la densité ; à chaque pesée il sera nécessaire d'ajouter, sur le premier plateau à crochet, des poids, pour équilibrer la masse M de poids placés dans le plateau opposé. Et ces poids, qui seront différents, selon que la pesée aura lieu dans l'eau et dans le liquide, seront P dans l'eau et P' dans le liquide. Or, ces poids sont évidemment ceux du volume de l'eau dans le premier cas, et du liquide dans le second, volumes égaux à celui du corps solide qu'on y plonge. En divisant donc la pesée dans l'eau, par la pesée dans le liquide : $\frac{P}{P'}$, le quotient donnera la densité de celui-ci. Pour déterminer la densité d'un corps solide, on le pèse dans l'air, et on détermine ensuite le poids de l'eau qu'il déplace lorsqu'on le pèse dans ce liquide, le premier poids divisé par le second donne sa densité.

309. Toutes ces opérations demandent des soins et des précautions, et nécessitent des calculs qui prennent beaucoup de temps. Dans les arts on a recours, pour comparer les densités, à des procédés plus commodes et plus expéditifs, et l'on se sert à cet effet d'instruments nommés *aréomètres*, dont le principe est fondé sur ce qu'un corps nageant s'enfonce d'autant plus dans un liquide, que celui-ci a moins de densité que le corps. On distingue deux sortes principales d'*aréomètres*, ceux à volume constant et ceux à poids constant.

310. On s'est généralement arrêté à la forme que Nicholson a donnée aux aréomètres à volume constant (pl. 2, fig. 6). C'est un vase rempli d'un liquide dont on veut reconnaître la densité, ou avec la densité duquel on veut comparer la densité d'un corps solide. Le corps de l'aréomètre se compose d'une enveloppe (*e*) en métal ou fer-blanc, et terminée par deux bases coniques. Ce vase creux, hermétiquement fermé, est terminé supérieurement par une tige verticale très-déliée (*t*), qui supporte une petite cuvette (*c*), destinée à recevoir les poids (*p*) ; à la base du même vase (e), est suspendu un petit vase également fermé (*l*), mais qui affecte aussi la forme d'une cuvette, et dans lequel est logé le lest destiné à tenir le vase constamment dans une position verticale ; la tige (*t*) est marquée d'un trait, auquel on donne le nom de *point d'affleurement*.

311. Si c'est un liquide dont on ait à reconnaître la densité, on commence par placer des poids sur la cuvette (*c*), jusqu'à ce que le *point d'affleurement* de la tige (*t*) se trouve *à fleur*, et y reste en équilibre. Si on répète la même opération dans l'eau distillée, il est évident que la densité du

liquide, par rapport à celle-ci, sera comme le nombre de poids de la première opération est au nombre de poids de la deuxième, en retranchant de chacune le poids de l'instrument lui-même, qu'on aura déterminé dans une précédente opération. En désignant le poids de l'instrument par P, les poids qui ont amené son affleurement dans la liquide par A, et ceux qui ont amené son affleurement dans l'eau distillée par A', $\frac{P+A'}{P+A}$ donnera la densité du liquide.

312. Si c'est d'un corps solide qu'on désire connaître la densité, on remplit d'eau distillée le vase (*v*) ; on détermine d'avance le poids A, qu'il est nécessaire de placer dans la cuvette (*c*), pour affleurer l'instrument. On pèse on morceau du corps solide et d'un poids moindre que A, successivement dans la cuvette supérieure (*c*) et dans la cuvette inférieure (*i*). On détermine l'affleurement dans ces deux opérations, en ajoutant, sur la cuvette (*c*), des poids convenables A' et A". A—A' représentera le poids du corps solide dans l'air, et A—A" représentera celui du même corps dans l'eau distillée; A"—A' sera le poids d'un volume d'eau égal à celui du corps. $\frac{A-A'}{A''-A'}$ donnera donc la pesanteur spécifique de celui-ci. Si le corps est plus léger que l'eau, on l'attachera à la cuvette, par un fil qui doit toujours rester dans les trois pesées; dans ce cas le quotient de $\frac{A-A'}{A''-A'}$ sera plus petit que l'unité.

313. Certaines substances poreuses s'imbibent, pendant leur séjour, du liquide dans lequel on les tient plongées. Cette circonstance ne saurait être négligée; on parviendra à déterminer la quantité d'eau qu'elles absorbent, et partant le véritable poids de leur charpente, par des pesées successives et par des soustractions. Mais on aura soin de bien purger d'air le corps dans le vide, avant de le plonger dans le liquide, et ensuite de le laisser plongé assez longtemps pour être sûr que le liquide a pénétré dans tous ses pores.

314. Les *aréomètres* à poids constant, ou autrement dits *pèse liqueurs*, ne servent qu'à déterminer la densité des liquides. Ce sont des tubes de verre (fig. 7, pl. 2), soufflés à la base en deux boules, dont l'inférieure plus petite renferme du mercure qui lui sert de lest. On en construit pour les liquides plus pesants que l'eau et pour les liquides plus légers. Dans le premier cas on les leste de telle manière que le tube vertical s'enfonce presque entièrement dans l'eau pure, et on marque 0 au point d'affleurement. En plongeant ensuite l'instrument dans un mélange de 85 parties d'eau et de 15 parties en poids de sel marin, on trouve qu'il s'enfonce moins que dans l'eau, on marque 15 au point d'affleurement sur le tube de verre; l'on divise en 15 parties égales l'intervalle compris entre 0 et 15; et l'on prolonge la division jusqu'à la boule même; la graduation arrive en général au nombre 67 à 68.

315. Pour déterminer la densité des liquides plus légers que l'eau, l'instrument doit être lesté de telle sorte qu'étant plongé dans l'eau pure, le tube cylindrique ne s'enfonce que du $\frac{1}{3}$ environ de sa longueur; il doit être construit de manière que, plongé dans une dissolution de 10 parties en poids de sel marin et de 90 parties d'eau pure, le point d'affleurement soit encore sur le tube; on marque 0 sur ce point et 10 à celui de l'affleurement du tube dans l'eau distillée; on divise l'intervalle en 10 degrés, et on prolonge la division vers le haut du tube jusqu'à 30°, limite suffisante pour toutes les comparaisons. Il suffit de tenir un de ces instruments plongé dans un liquide, pour lire, sur la graduation, les rapports de sa densité non-seulement avec celle de l'eau, mais encore avec celle de tous les liquides qu'on aura soumis à une évaluation préalable. Ce *pèse-liqueur* est celui du commerce; et la précision dont il est susceptible ne dépasse pas les limites auxquelles s'arrêtent les arts. C'est sur le modèle de l'aréomètre de Baumé qu'on a construit les *alcalimètres* et autres instruments de ce genre. Dans le plus grand nombre des études d'analyse organique, on n'a pas recours à des instruments d'une plus grande précision; c'est avec eux qu'on prend les densités des sèves, des moûts, des jus, etc., les variations que ces substances subissent dans les diverses phases du développement vital, ne comportant point des déterminations d'une précision rigoureuse, et les caractères de leur densité n'étant considérés que comme des moyennes d'approximation.

316. DENSITÉ DES VAPEURS. Deux procédés ont été mis en usage pour mesurer la densité des vapeurs. Le premier, qui est celui de Gay-Lussac, consiste à déterminer le volume qu'occupe la vapeur d'une quantité de substance dont on a préalablement déterminé le poids; le second, au contraire, à déterminer le poids de la vapeur renfermée dans un vase dont on connaît la capacité. Ce dernier procédé a été modifié par Dumas; mais il a fourni certains résultats dont l'exactitude a été vivement contestée et dont l'énoncé porte un ca-

ractère extraordinaire qui inspire la défiance; nous croyons pouvoir parvenir à en expliquer la raison dans les considérations qui termineront cet ouvrage. Nous allons décrire les deux procédés d'une manière succincte.

317. 1° Gay-Lussac renferme le liquide dans une ampoule de verre à parois minces, dont la pointe effilée se ferme au chalumeau, une fois qu'elle a été remplie du liquide dont il se propose d'étudier la vapeur. La différence du poids de l'ampoule vide et de l'ampoule pleine de liquide, donne le poids de celui-ci. Il la fait passer ensuite dans une éprouvette graduée avec soin et renversée sur un bain de mercure. L'éprouvette est entourée d'un manchon de verre que l'on remplit d'eau. Ce bain de mercure et d'eau est placé au-dessus d'un foyer et sert de chaudière. La vapeur qui se forme dans l'ampoule, sous l'influence de la chaleur, en brise les parois, et le liquide se gazéifiant monte dans l'éprouvette et déprime le mercure d'autant. On chauffe jusqu'à ce que la vapeur formée ait évidemment une densité moindre que celle qui correspond à la température du bain. On mesure alors la température au moyen d'un thermomètre plongé dans l'eau du manchon. On observe après le nombre de divisions de l'éprouvette, dont la capacité est connue, et qui sont occupées par la vapeur; on en déduit le volume exprimé en litres; on détermine la pression, en retranchant de la hauteur barométrique, la hauteur de la colonne de mercure qui s'est élevée dans l'éprouvette (285). On a de cette manière tous les éléments pour ramener le volume à ce qu'il serait à 0° et sous la pression de 76 centimètres, en tenant compte du coefficient de la dilatation du verre. La formule $\frac{P}{V(1+Kt)}$ donnera le poids d'un litre de vapeur, à la température t, sous la pression observée, K étant le coefficient de la dilatation du verre. On cherchera ensuite à déterminer, par le calcul, combien pèserait un litre d'air à la même température et sous la même pression, son poids étant de 1 gr. 3 à 0° et sous la pression de 76 centimètres (304); et l'air étant pris pour unité, on déduira la densité de la vapeur cherchée. Nous renvoyons aux traités de physique, pour les détails qui ne sauraient entrer dans le cadre que nous nous sommes tracé.

318. Lorsque la vapeur dont on cherche la densité est celle d'un liquide dont l'ébullition n'a lieu qu'au-dessus de 100° cent., on remplace l'eau du manchon par une huile fixe. Mais cette substance se colorant au delà de 200°, il devient impossible de voir ce qui se passe dans l'éprouvette; le procédé de Gay-Lussac devient alors insuffisant. Il faut nécessairement recourir à celui qui donne les moyens de peser directement les volumes. L'appareil dont on se sert, se compose d'un ballon de verre, dans lequel on dépose une certaine quantité de la substance solide ou liquide qui doit être réduite en vapeur; après en avoir effilé le col à la lampe, avec la précaution de ne pas le fermer, on le dispose et on le fixe dans un bain de mercure, d'huile ou d'un alliage fusible, lorsqu'on a besoin d'une température très-élevée. La matière contenue dans le ballon entre alors en ébullition et se gazéifie, sa vapeur chasse l'air; et quand il n'y a plus de liquide en excès, ou que le jet de vapeur cesse d'être aperçu, on ferme l'ouverture du ballon à la lampe, et on laisse refroidir le ballon. Le nombre de litres qui représente la capacité du ballon à 0°, étant connu, le volume V de la vapeur est $V(1 + Kt)$ à t°; t étant la température; K le coefficient de la dilatation du verre entre 0 et le degré thermométrique atteint t°. En retranchant enfin, du poids du ballon refroidi, celui du même vase vide de toute matière pondérable, déterminé par des pesées antérieures, on obtient le poids de la vapeur qui occupait le volume $V(1 + Kt)$ à la température t et sous la pression barométrique (286). On a de la sorte tous les éléments nécessaires pour obtenir la densité de la vapeur, celle de l'air étant prise pour unité.

§ III. *Induction.*

319. Le nombre des éléments d'un corps ayant été évalué par les réactions (46), constaté par une série d'éliminations (110), les rapports en poids et en volumes de chacun de ses éléments ayant été déterminés par des mesures de précision (273), là se termine la tâche de la manipulation; et là commence celle de l'INDUCTION. C'est à cette noble opération de l'esprit qu'il appartient de rendre compte de la combinaison ou de l'association de ces éléments, de leur restituer, pour ainsi dire par la pensée, la place qu'ils occupaient en réalité et avant toute analyse, dans le corps observé; c'est à elle qu'appartient le droit de faire la part des circonstances, d'éliminer les effets étrangers, de tirer la valeur d'une inconnue de la combinaison des effets observés, de surveiller la marche du calcul, dont la rigueur dans les formes couvre si souvent, d'un séduisant prestige, des écarts qui n'auraient pas échappé à la simple raison; de surveil

ler surtout la marche mystérieuse de l'opération, où tout se mêle et se confond, dans des rapports si variables, et où, sous le masque d'un mélange plus ou moins intime, tant de corps parfaitement connus prennent des caractères si étranges et échappent à l'œil le plus exercé; profonde et longue synthèse où l'esprit, interrogeant à la fois et les faits observés et les lois constatées, compare les images que les yeux lui transmettent, avec celles que sa mémoire a conservées. Là croyant ne rien avoir vu, tant qu'il reste quelque chose à voir encore, pour expliquer un seul petit point de l'univers, il cherche pour ainsi dire à analyser l'univers dans son ensemble; et avant de conclure, il s'applique à soumettre un à un, les résultats du laboratoire, à la contre-épreuve de toutes les sciences à la fois. La synthèse est enfin une algèbre qui ne puise ses formules que dans la raison du moment; or l'algèbre ne donne d'autres valeurs que celles que la logique a eu soin de placer sous chaque terme.

320. Raisonnez, raisonnez, raisonnez longtemps et raisonnez juste, avant de formuler; raisonnez encore avant de déduire; c'est là toute la synthèse; c'est là le génie des sciences d'observation, dont la manipulation n'est que l'artifice.

321. C'est dans le règne de l'organisation que la synthèse chimique doit s'imposer une marche plus sévère; car c'est dans son domaine que les ressources matérielles de la manipulation sont moins nombreuses et moins variées.

322. Il est une considération générale, qui, à elle seule, suffirait pour établir une ligne de démarcation des plus tranchées, entre la chimie inorganique et la chimie organique; et c'est elle qui forme la base fondamentale de la méthode d'observation développée dans le présent ouvrage. Les corps inorganiques se formant par voie de juxtaposition, et par la loi de l'affinité des molécules de même nature, sont susceptibles d'offrir une homogénéité presque parfaite dans toutes les fractions de leurs masses, même lorsqu'ils arrivent à de grandes dimensions. Les corps organisés au contraire, se développant en vertu d'une loi simple et par une série d'élaborations plus compliquées, il résulte que les produits les plus hétérogènes peuvent se trouver renfermés dans les organes les plus rapprochés. Or comme ces organes, invisibles à l'œil nu, sont inabordables à la dissection et à nos procédés ordinaires de manipulation, il s'ensuit qu'en cherchant à isoler les produits les uns des autres dans le laboratoire, il nous arrivera de les confondre et de les mélanger sans retour; nous ne briserons les parois des cellules qui les recèlent que pour en altérer la pureté; nous ne les dissoudrons dans un menstrue que pour les en retirer sous un autre nom, avec une livrée qui leur sera étrangère, et dont aucun des procédés de la chimie inorganique ne sera dans le cas de les dépouiller.

323. On conçoit en effet qu'à l'aide du creuset et des réactifs, on puisse isoler et peser les éléments indécomposables d'une substance inorganisée; et pourtant combien les difficultés de l'analyse se compliquent avec le nombre de ces éléments? Mais lorsqu'il s'agit d'une substance organisée, comment recourir au creuset sans décomposer l'organe, et comment recourir aux réactifs, pour s'emparer de la substance, à travers l'obstacle que les parois organisées opposent à la réaction? Aussi dès l'instant que je me livrai à la lecture des travaux de chimie organique, je ne pus me défendre d'un vague pressentiment; et malgré l'assurance de la rédaction, je restai toujours convaincu que les résultats obtenus ne représentaient pas la nature. Des travaux d'un genre moins répandu dans le monde scientifique vinrent enfin me fournir les moyens de m'expliquer ma défiance et de changer mes doutes en conviction. Je vis et je dessinai des organes infiniment petits, et dont les formes et les aspects variés me semblaient représenter des fonctions et des propriétés différentes. Ces organes se trouvent côte à côte les uns des autres; l'œil les distingue, le scalpel ne saurait pas les séparer. Or, me disais-je, quand le chimiste broie, déchire, fait macérer ou bouillir dans un menstrue un tronçon même minima de végétal ou d'animal, il doit nécessairement confondre et mélanger, dans le même dissolvant, une foule de substances que la nature avait isolées dans des organes séparés. On dirait que le chimiste, fier de la puissance de son art, cherche à tout confondre, afin de se ménager le plaisir de tout démêler; mais quand il a tout confondu, brouillé, mélangé, il lutte en vain contre des difficultés qu'il n'est point donné à son art de vaincre; de là les contradictions, les incohérences, la bizarrerie des théories venant au secours de résultats inexplicables; de là le nombre des substances indéterminées et pseudonymes, des doubles emplois, des créations nominales enfin, qui se multiplient de manière à effrayer la mémoire la plus intrépide et à dégoûter l'esprit le moins récalcitrant.

324. Je résolus donc de recourir à des méthodes plus rationnelles, à une marche plus philosophique. Or cette méthode nouvelle se résume en ces

termes : emprunter à chaque science tout ce qui peut servir à constater un fait, à reconnaître une loi. Car un livre a droit d'être spécial; c'est un répertoire d'un certain ordre de faits; mais l'observateur qui s'emprisonne dans le cercle d'une spécialité est un homme ou incapable ou inconséquent.

325. La nature ayant déposé certaines substances dans le sein de certains organes, je demandai à l'anatomie les moyens de reconnaître ces organes ; et une fois que mon œil eut appris à les distinguer, je demandai à la chimie ses réactions et ses procédés. Si ces organes étaient trop petits pour être saisis à la vue simple, j'invoquais le secours des verres grossissants combinés en microscope. La physique m'apprit à suivre la marche des rayons lumineux, à me rendre compte des effets de la lumière réfractée et réfléchie; et je transportai le laboratoire de la chimie sur le porte-objet.

326. De cette manière, me dis-je, au lieu de confondre sous le pilon des organes hétérogènes, au lieu de m'amuser à faire rentrer la symétrie et l'ordre dans le chaos, pour chercher vainement ensuite à en faire jaillir la lumière, j'étudierai l'organe en lui-même, j'étudierai son contenu à l'état de la plus grande pureté; et lorsque je me serai assuré indubitablement de ses caractères et de ses réactions, je n'aurai plus de peine à le deviner sous le masque des mélanges. Je jetterai des chaînes à ce Protée, à l'instant qu'il sommeille ; par ma constance et mon imperturbable opiniâtreté, je le forcerai à me révéler ses mystères ; et dès lors il aura beau se montrer tour à tour cèdre, dragon, fleuve, tigre, lion, il n'échappera plus à l'œil qui l'aura deviné et qui le domine.

327. Cette idée simple et rationnelle, je n'ai cessé de la poursuivre et de l'appliquer pendant un certain nombre d'années; et, telle est la puissance d'une conception vraie, que, sans laboratoire, sans instruments, sans protection, et quelquefois sans ressources, elle n'a cessé entre mes mains d'être féconde en résultats, qu'après bien des persécutions et des outrages, on adopte enfin de toutes parts.

328. Le livre que je publie est une grande application de cette méthode; la section suivante sera consacrée à fournir les formules générales des manipulations, auxquelles elle a plus spécialement recours.

DEUXIÈME SECTION.

MANIPULATIONS EN PETIT.

329. Notre vue peut embrasser des espaces immenses par un point; doit-il paraître si surprenant que nous puissions obtenir de grands résultats, en expérimentant sur le coin d'une petite table? Les corps qui sont l'objet de nos observations, ne changent pas de nature en changeant de dimensions, et les lois qui les régissent n'ont aucune limite dans l'espace; elles sont aussi puissantes sur un champ d'un millimètre carré que dans l'immensité de l'atmosphère. Les bornes de l'observation ne sont donc que dans les organes de notre vue; il nous est permis de découvrir tout ce qui ne dépasse pas la portée de la vision distincte; et la vision est encore distincte à 10 ou 12 pouces de l'œil; or à 12 pouces de distance on distingue très-bien l'épaisseur d'un millimètre; et il n'est pas nécessaire au succès d'une manipulation, que le corps observé ait des dimensions susceptibles d'être appréciées à un pas de distance. Moins l'objet sera grand, au contraire, et plus l'observation sera prompte; l'économie des dépenses s'enrichira encore de l'économie de notre temps, qui est si court, quand l'expérience est si longue.

330. Mais si l'art avait trouvé le moyen, en perfectionnant pour ainsi dire la vision, de nous rendre aperceyables des objets qui, par leurs faibles dimensions, échappent à notre vue dépouillée de cet artifice, il est évident qu'il nous serait possible, sans nuire à l'exactitude du résultat, de réduire d'autant le volume des corps soumis à l'observation, de gagner en vitesse et en économie matérielle, en raison de cette réduction, et de répéter en quelques minutes et sur un champ de quelques centimètres, toutes les expériences qui ordinairement exigent, dans les laboratoires, des surfaces de plusieurs pieds et une durée de plusieurs heures.

331. Nous aurions donc ainsi deux laboratoires en miniature : l'un dont les dimensions s'adapteraient aux limites de la vision distincte, et l'autre dont les dimensions seraient en raison inverse du degré d'ampliation visuelle que l'art aurait prêté à nos yeux. Or la science avait mis depuis longtemps à notre disposition ce dernier moyen; mais l'application en avait retiré peu d'avantages réels; son introduction en chimie organique a provoqué toute une révolution dans l'étude des corps organisés; nous voulons parler du microscope, instrument dont l'emploi est aujourd'hui un art d'une indispensable spécialité. Cette seconde section aura presque entièrement pour objet d'en faire connaître, avec les plus grands détails, tous les procédés. Afin de mettre plus de clarté dans l'exposition, nous serons obligé de modifier la marche que nous avons suivie dans la section précédente; nous décrirons les appareils et les instruments à part des opérations; en sorte que la série des chapitres qui doivent correspondre chacun à chacun avec ceux dans lesquels nous avons décrit les opérations qui formaient la matière spéciale de la première section, ne commencera qu'au chapitre troisième de cette section seconde; les deux premiers étant ici exclusivement destinés à faire connaître : 1° *les appareils de manipulation et d'observation qui suffisent à la vision distincte*, et 2° *les appareils de manipulation et d'observation que réclame la vue armée de verres grossissants.*

CHAPITRE PREMIER.

APPAREILS DE MANIPULATION EN PETIT, POUR TOUTES LES OBSERVATIONS, QUI NE DÉPASSENT PAS LES LIMITES DE LA VISION DISTINCTE, OU TABLE LABORATOIRE.

332. Cette table, dont la pl. 3 est destinée à faire comprendre l'économie et les détails, affecte la forme générale de la fig. 1. C'est une table ordinaire, mais d'une plus grande solidité, ayant

1 mètre 14 cent. de long, 50 cent. de large et 75 centimètres de hauteur. Elle est munie de deux tiroirs opposés et latéraux (*ti'*, *ti''*) qui en remplissent toute la capacité, et qui en agrandissent pour ainsi dire la surface du double au moins, lorsqu'on les laisse ouverts. Fermés, ils contiennent tous les appareils que l'on voit éparpillés sur la planche; ouverts, et une fois que les appareils ont été disposés pour l'observation, ils servent à déposer les objets que l'on désire mettre à l'abri des accidents de la manipulation, et à débarrasser d'autant le dessus de la table. Les quatre pieds (*pppp*), égaux et à surface lisse, offrent dans toute leur longueur les mêmes dimensions qu'à la base, afin de pouvoir abaisser et élever à volonté la petite tablette mobile (*tl*), qui glisse à frottement et se fixe à la hauteur voulue par la vis de pression (*v*). Cette tablette sert de support aux vases et instruments que l'on a besoin de placer au-dessous du niveau de la table, et spécialement aux microscopes de grande dimension, dont l'observateur, assis pour dessiner, désire avoir l'oculaire à la hauteur des yeux. Le tiroir (*ti'*) porte une planchette percée de trente trous qui servent à loger tout autant de petits *flacons à l'émeri* (fig. 14) à étiquettes (e) gravées sur verre (51); on a ainsi sous la main, une *boîte à réactifs* (46) mobile. Les autres instruments sont fixés, dans l'un et l'autre tiroir, au moyen d'encoches qui les préservent des accidents du cahotement pendant le transport. Nous allons les énumérer et les décrire, en suivant l'ordre dans lequel on doit s'en servir.

333. Cuve a dissection (fig. 2). Cette pièce importante est en cristal taillé; elle est rectangulaire, longue de 175 millimètres sur 135, et de 25 millimètres de profondeur; l'épaisseur en est telle, qu'elle peut supporter impunément tous les genres d'efforts et de pressions que réclament les exigences de la dissection. On pourrait en construire à meilleur marché, par l'assemblage d'une lame de beau verre à glaces avec quatre bandes d'égale hauteur et de même substance. Un châssis en cuivre suffirait à en maintenir les bords, et le mastic ordinaire des instruments de physique s'opposerait à l'écoulement des liquides. Mais une cuve de cette structure est sujette à se désassembler au moindre choc à cause de la faible adhérence du mastic contre les parois du verre; elle ne saurait servir aux dissections dans l'alcool, l'ammoniaque, les acides; et le séjour prolongé de l'eau ordinaire elle-même finit par vaincre l'adhérence du mastic avec le verre, en s'insinuant peu à peu dans les joints. C'est ce qui nous a porté à recommander de préférence l'emploi de cette belle cuve en cristal; le prix un peu élevé de cet appareil doit être considéré comme la somme des dépenses qu'occasionnerait à la longue l'entretien et le remplacement de l'autre; on y gagne le temps que les réparations de celui-ci feraient perdre.

334. La cuve est maintenue à une hauteur convenable par un support rectangulaire en cuivre (a), dans lequel elle s'enchâsse par sa base; les quatre pieds (*pp*) se ploient à charnière (*x*), lorsqu'on veut replacer l'appareil dans le tiroir.

335. Supposez maintenant la cuve (*cv*) ainsi disposée sur un point quelconque de la table (fig. 1); elle est susceptible de recevoir le jour par toutes ses surfaces. Que l'on veuille y disséquer les organes les plus délicats d'une plante ou d'un animal, dans un menstrue capable d'en rendre les détails plus distincts; on versera ce menstrue dans la cuve jusqu'à la hauteur nécessaire pour que l'organe y soit entièrement submergé. Au moyen des deux scalpels (fig. 17), de la pince à dissection (*pi*, fig. 18), et de deux aiguilles emmanchées (fig. 18 *ai*), il sera facile de diviser, de saisir, d'étaler tout ce qui est visible à l'œil nu. Pour maintenir les membranes dans la situation voulue, on aura à sa disposition quatre *érignes* (fig. 22 *ar*), espèces d'hameçons attachés par un fil de soie (*fl*) à une demi-sphère solide en plomb (*p*), que l'on promène sur la table, jusqu'à ce qu'on ait obtenu le degré de tension le plus favorable à l'observation. Lorsqu'on n'a pas besoin que les parois verticales de la cuve soient éclairées, on les tapisse d'une feuille de liége, que l'on maintient au moyen d'un carré en gros fil de fer; on peut alors fixer immédiatement les bords des membranes contre le liége, au moyen d'érignes droites qui servent aux dissections ordinaires. Ce carré en fil de fer a encore une autre destination, qui ne laisse pas que d'offrir un certain avantage, dans certains cas; car les *érignes* en hameçons (fig. 22) soulèvent les membranes en les étendant, et les amènent vers le bord du vase, alors qu'il est nécessaire de les maintenir dans le fond; on parera à cet inconvénient en faisant passer leur fil de soie entre le fil de fer et le liége; on donnera ainsi un mouvement de traction, une direction horizontale.

336. Poste-loupe. L'objet étant ainsi disposé sous un jour favorable, pour en étudier les détails, et en poursuivre la dissection jusque dans ses dernières limites, on commence par l'observation à

la *loupe des horlogers* (fig. 5), qui, par son achromatisme et par l'étendue du champ, jouit sous ce rapport d'une supériorité inappréciable. Sa monture est un large cône tronqué en corne noire, qui ne laisse arriver à l'œil que les rayons de lumière émanés du corps observé. On la place dans la pince (*a*) du porte-loupe (*pt* fig. 4), espèce de tige qui se coude trois fois, afin d'amener la loupe dans tous les jours et dans toutes les positions. La tige se termine par un anneau (*an*) qui glisse à frottement le long de la TIGE A SUPPORT (*tg* fig. 6), et se fixe à une hauteur quelconque, au moyen de la vis de pression (*v*). La monture du microscope double peut remplacer avec avantage cette tige coudée; il suffira d'en employer la pince mobile dans tous les sens, que l'on introduira dans le levier horizontal du microscope. Les mouvements de gauche à droite et d'arrière en avant de ce levier promèneront la lentille sur toute l'étendue de la cuve.

337. Le MIROIR portatif et mobile (fig. 3) est destiné à porter çà et là la lumière sur tous les points du corps que l'on désire observer par réfraction; on le place sous la cuve, et on prend le jour d'où il vient. Il n'est pas nécessaire de le construire sur des dimensions égales à celles de la cuve; la lumière dont on a besoin, dans les observations de ce genre, ne devant être en rapport qu'avec le champ de la loupe.

338. APPAREILS DE MANIPULATIONS CHIMIQUES. A la dissection et à l'observation doit succéder la manipulation, et la table d'anatomie devient alors en même temps la table laboratoire; deux TIGES A SUPPORT (fig. 6 et fig. 11) suffisent à cette nouvelle destination. Dépouillées de tous leurs accessoires, ce sont deux tiges d'un égal calibre, munies à leur base d'une griffe (*gr*) qui pince le bord de la table, et y fixe l'instrument dans une position verticale, au moyen de la vis de pression (*v'*). L'une (fig. 11) sert à supporter les valets mobiles (*ccc* 193), cercles en cuivre, soudés au bout d'une tige horizontale fort courte, qui glisse et se fixe le long de la tige, au moyen de son anneau (*an*), et de la vis de pression (*v*); le diamètre de ces cercles varie selon le volume des vases qu'on veut employer. C'est sur eux qu'on place les capsules (*ca* 164), les matras (*m* 40), et qu'on fixe les entonnoirs mêmes (*en* 127), destinés à une filtration. La lampe (*lm*) étant placée immédiatement au-dessous de l'un de ces vases sur la table, on conçoit qu'en abaissant et élevant le valet (*c*), on puisse soumettre le liquide à tous les degrés de chaleur que la flamme (*fm*) est dans le cas de lui communiquer. Cette lampe est en fer-blanc; on n'y brûle que de l'alcool, afin de soustraire l'expérience aux émanations oléagineuses.

339. L'autre tige (fig. 6), outre le porte-loupe (*pt*), reçoit, dans un anneau mobile (*an*), qui se fixe aussi par une vis de pression (*v*), une pince en cuivre à mouvement (*pn*), et une LAMPE A HUILE (*lm*) POUR CHALUMEAU, qui est munie d'un anneau semblable (*an*).

340. Une cornue (fig. 13, *cr*) étant appuyée sur un des valets de la première tige, et son col étant introduit dans le grand goulot de l'allonge (*al*), celle-ci est maintenue en position par la pince (*pn*) de la deuxième tige; et si l'on introduit ensuite le petit bout de l'allonge dans la tubulure latérale (*tu'*) du matras (fig. 10'), qui repose sur la table au moyen d'un valet en bois (fig. 15), on aura de cette manière un appareil distillatoire complet, et capable de fournir tous les produits que réclament les expériences les plus délicates de la chimie organique. La cornue sera la cucurbite, et le matras le récipient, l'allonge fera l'office de serpentin (188). Pour se mettre à l'abri des émanations, on pourra adapter à la tubulure (*tu*, fig. 10') un tube recourbé dont l'extrémité ira plonger dans un liquide capable de saturer les vapeurs, et d'en neutraliser les effets.

341. Les ballons à *col* long (10) ou court (fig. 10') sont maintenus en position en s'appuyant par la panse (*p*) sur l'un des *valets* (*c*) du support (fig. 11), et en s'introduisant par le col (*cl*) dans un *cercle supérieur;* on les y fixe, si cela est nécessaire, au moyen de petits fils de fer ou de laiton.

342. Lorsqu'au lieu de capsules, dont les plus petites sont souvent trop grandes relativement à la quantité de substance qu'on a à sa disposition, on fait usage, en guise de récipient, de simples verres de montre, on se sert, pour les suspendre au centre du valet, d'un trépied en fil de fer dont nous avons déjà donné la figure, pl. 1, fig. 34, ou bien d'un anneau de rideau ordinaire, que l'on maintient à une égale distance du cercle, au moyen de trois ou quatre fils de fer tendus.

343. Outre ces ustensiles, on trouve, dans la table laboratoire, un certain nombre de tubes de verre fermés par un bout à la lampe (fig. 23, *a*), petits ustensiles très-commodes pour soumettre à l'action de la chaleur d'une lampe des petites quantités de substance. On les maintient fixes, contre les soubresauts de l'ébullition, par une spirale (*sp*, fig. 16) en fil de fer, qui entre dans le cer-

cle du petit trépied que nous venons de décrire.

345. Le tube (fig. 20) est effilé à la lampe par l'une de ses extrémités, et il est ouvert à ses deux bouts ; il sert à aspirer les quantités minimes de liquides ou de réactifs, dont on a besoin pour des expériences en petit ou des dissections microscopiques.

346. Le tube recourbé (fig. 9) garantit l'observateur des accidents auxquels ne manquerait pas d'exposer une distraction fort ordinaire, en aspirant des réactifs nuisibles. Il est redevable de cet avantage à la boule soufflée (∂), où se rassemble le liquide en excès, et dont la capacité, si petite qu'elle soit, ne saurait être remplie par suite de l'aspiration la plus longue ; ces sortes de tubes se nomment *pipettes*, et peuvent tenir lieu, au besoin, de CHALUMEAUX.

CHALUMEAU ET SES DIVERS APPAREILS.

347. La chaleur, dégagée par la combustion, s'élève en raison de la quantité d'oxygène qui arrive, dans un moment donné, sur le combustible en ignition. Cette quantité d'oxygène arrive au combustible en raison de la vitesse du courant d'air dont elle fait partie. Or, comme la quantité de chaleur absorbée par un corps sur lequel on cherche à la concentrer, est proportionnelle à sa masse, il s'ensuit que, pour produire la fusion d'un corps sous un petit volume, il suffira de faire parvenir le courant d'air, par l'orifice le plus étroit, sur la flamme d'une mèche ordinaire, pour obtenir les mêmes réactions, qui exigeraient l'emploi d'un grand soufflet de forge, si la masse du corps sur lequel on agit était plus considérable.

348. C'est ce qu'ont compris de temps immémorial les ouvriers sur métaux ; et lorsqu'ils ont eu à opérer des soudures sur des solutions de continuité d'une petite surface, la flamme d'une chandelle leur a servi de brasier, dont ils ont activé la combustion, en y concentrant, à travers un tuyau du plus faible diamètre, le simple courant d'air que l'insufflation est dans le cas de produire, par le jeu des muscles buccinateurs. Pour la commodité de l'opération, ils fléchirent ensuite ce tuyau, qui, prit ainsi la forme de la figure 20, pl. 3. C'est encore celle qu'ils adoptent dans les manufactures ; car ces hommes forts, à vaste poitrine, et à longue haleine, s'arrêtent peu aux difficultés qui, pour nos poitrines de cabinet, prennent une plus grande importance. Nous qui exhalons plus que nous ne soufflons, nous n'avons pas tardé à remarquer que, sous cette forme si peu compliquée, le *chalumeau* était exposé à *cracher* (c'est l'expression) par intermittence, ce qui oblige de recommencer, comme si le premier courant d'air n'avait pas élevé la température ; car par l'intermittence tout s'est refroidi d'autant. Ce fut pour éviter cet inconvénient, qu'on adapta, à une certaine distance de l'extrémité du bec, une boule creuse, dans laquelle les vapeurs d'eau se condensaient sans former obstacle au courant d'air ; lorsque la quantité d'eau accumulée commençait à devenir considérable, on en vidait la boule en aspirant fortement par le grand orifice. Le chalumeau prit alors la forme de la figure 9, pl. 3. Il se compose, comme on voit, de trois parties, 1° d'un cylindre courbé, dont l'orifice (α) s'introduit dans la cavité buccale, et que l'on tient de la main droite à la hauteur déterminée par la flamme en combustion ; 2° de la boule qui sert de réservoir (∂) ; 3° du bec conique (ϵ), qui va en se rétrécissant tellement que l'ouverture qui le termine et donne issue au courant d'air, égale à peine le diamètre d'une épingle ordinaire. Dans le principe, ces instruments étaient en laiton ou en fer-blanc d'un bout à l'autre. Cromstedt, Bergmann, Tennant, Wollaston, etc., modifièrent cet appareil de manière à le rendre portatif et commode.

349. Berzélius s'arrêta à la modification de Gahn, qui est celle de la fig. 8, pl. 3. Le réservoir ∂ en est cylindrique, et les tubes s'y adaptent à angle droit. L'embouchure (α) est en ivoire pour préserver la bouche du contact du laiton ou du fer-blanc. Le bec (ϵ) étant sujet à s'encrasser, on y adapte, à volonté, un ajutage en platine, qu'on peut nettoyer, en le soumettant à son tour à la flamme du chalumeau, pour brûler le noir de fumée qui l'obstrue et l'encrasse. Toutes ces pièces sont susceptibles de se démonter, soit pour se placer dans une boîte, soit pour permettre de débarrasser le réservoir, de l'eau qui s'y est accumulée. Lebaillif imagina de terminer le réservoir (∂) par un bouchon en liége, que l'on a remplacé par un couvercle en métal (γ), ce qui permet de faire écouler l'eau, sans démonter l'instrument pièce à pièce.

350. Malgré tous ces perfectionnements, cet instrument ne nous a jamais paru faciliter l'insufflation, comme le fait celui de la forme représentée par la figure 9. En effet, l'écoulement de l'air est plus facile, quand il ne fait que tourner sur lui-même contre des parois sphériques, que lorsqu'il est forcé d'aller se briser à angle droit, puis, par des angles plus ou moins obliques, avant de trouver issue par un orifice ouvert sur l'une des parois

du cylindre qui sert de réservoir; et nos *pipettes de verre* (346) qui affectent la forme de la fig. 9, nous ont toujours paru préférables au *chalumeau* dont nous venons de parler, toutes les fois qu'on n'a que deux ou trois petites analyses à faire. On fait écouler ensuite l'eau accumulée, en inclinant l'instrument sur son grand orifice (*a*); et si le bec (*b*) s'est fermé en fondant par l'effet de la flamme, il suffit d'en casser la pointe pour le rouvrir. Cependant, de tels instruments sont trop fragiles, pour s'aventurer dans un voyage d'observation sans un chalumeau en métal; et dans ce cas, le plus commode serait celui dont la forme se rapprocherait le plus de celle de la figure 9, tout en conservant les détails de l'embouchure, de l'ajutage et du bouchon du chalumeau de Lebaillif. Ce bouchon s'appliquerait à la paroi du réservoir sphérique, qui, dans l'acte de l'insufflation, est habituellement la paroi inférieure.

351. D'après tout ce qui précède, il sera facile de comprendre le parti que l'analyse des infiniment petits est dans le cas de tirer de l'emploi du chalumeau. Soit en effet *la lampe* (*lm'*, fig. 7, pl. 3) (339) dont la mèche (*m*) occupe l'extrémité opposée à la douille (*an*), qui sert à la fixer sur la tige (*fg*, fig. 6); soit un charbon (*cha*, fig. 7'), que l'on tient de la main gauche en face de la flamme, au moyen de la pince (*pn*); si de la main droite on amène le bec (*b*) du chalumeau (fig. 8) vers la face opposée de la flamme, et qu'on souffle par l'embouchure (*a*), la flamme sera projetée sur le charbon dans la direction du bec du chalumeau, et elle aura proportionnellement alors la puissance de la flamme d'un feu de forge; or si, sur le charbon, se trouve une parcelle d'un métal ou autre corps fusible à de hautes températures, on reproduira, sur cette parcelle, tous les effets que, sur des masses plus considérables, on n'obtient qu'à la faveur de *hauts fourneaux*.

352. Le procédé, comme on le voit, n'est pas compliqué; mais l'art de l'employer est un de ces arts pratiques qui demandent une certaine habitude, dont les préceptes d'un livre ne sauraient jamais tenir lieu. Tout le monde est apte à souffler au chalumeau, mais chacun n'y souffle pas aussi impunément pour sa poitrine, ni aussi heureusement pour le succès de l'opération. L'habileté, en ceci comme en toute chose, est de dépenser peu et de produire davantage; le souffleur habile est celui qui est dans le cas de suffire à une longue et continue insufflation, sans faire plus d'efforts que par la respiration ordinaire. Cet effet, il l'obtient en respirant par les narines, et en insufflant par le jeu des muscles de la joue, qui font en cette circonstance l'office de soufflet. En débutant dans cet art, on éprouve toujours une difficulté pénible, parce que les mouvements de ces muscles ne suivent pas les mouvements alternatifs des muscles pectoreux, les mouvements qui produisent alternativement l'*expiration* et l'*aspiration*.

353. Nous ne conseillerons donc pas à tous les observateurs d'animer leur chalumeau avec le souffle de leur poitrine; car nous savons mieux que personne, et à nos dépens, que toutes les poitrines, même les plus robustes, ne se prêtent pas également à un exercice aussi fatigant. D'un autre côté l'emploi du chalumeau ordinaire condamnent les deux mains au rôle de simples supports, prive l'observateur des deux plus puissants leviers que la nature ait accordés à l'adresse de l'homme; et l'on a plus d'une fois à regretter, dans le cours des essais de ce genre, de n'avoir pas à sa disposition un seul doigt de la main, pour diriger un mouvement, et pour prévenir une circonstance malencontreuse. Un appareil qui laisserait à l'opérateur le libre usage de ses deux mains, tout en lui permettant d'activer la flamme, et cela sans fatiguer sa poitrine, centuplerait les applications pratiques du chalumeau ordinaire.

354. C'est là but qu'on s'est proposé dans la construction de la *table d'émailleur*, c'est-à-dire de la table qui sert de temps immémorial aux *émailleurs sur verre et sur métaux*. C'est une table ordinaire munie tout autour d'un petit rebord qui arrête les objets susceptibles de rouler. Au-dessous est disposé un soufflet à deux âmes, que l'on met en mouvement au moyen d'une pédale, et qui donne ainsi un courant d'air continu, que l'on dirige à travers un canal, dont l'extrémité se coude, au-dessus de la table, en forme du bec du chalumeau ordinaire. On place, en face de l'orifice, une lampe plate en fer-blanc, munie d'une grosse mèche à la hauteur du bec. On anime le gros soufflet avec le pied, et les deux mains de l'opérateur, assis contre la table, peuvent de la sorte présenter l'objet à la flamme par toutes ses faces, et en combinent tous les genres de mouvements et d'efforts.

355. C'est sur ce modèle que quelques observateurs du siècle passé ont construit des *chalumeaux* à insufflation artificielle. Nazen imagina d'adapter, au bec d'un chalumeau fixé sur une table, une vessie remplie d'air atmosphérique, que l'on comprime entre les genoux, et que l'on gonfle, à mesure qu'elle se vide, en soufflant au moyen d'un tube muni d'un robinet.

356. Danger, l'un de nos plus habiles *souffleurs* (*), a perfectionné cet appareil de la manière la plus heureuse. La fig. 9, pl. 2, en représente les détails au simple trait. Le support de ce chalumeau est une griffe en bois (*gr*), qui s'appliqua contre le bord d'une table (*t*), au moyen de la vis de pression également en bois (*v*). Cette pièce est traversée d'un conduit, dans l'extrémité supérieure duquel s'adapte le bec du chalumeau en verre (*aj*), et dont l'extrémité inférieure se termine par un autre tube en verre dont l'orifice (*or*) descend jusqu'au milieu environ de la capacité de la vessie de cochon (*ve*), qui sert de réservoir d'air et de soufflet. Cette vessie peut être remplacée par un sac de cuir à fortes coutures; elle s'applique exactement sur toute la surface inférieure de la griffe (*gr*). A la partie postérieure de celle-ci est une saillie, contre laquelle se fixe un autre tube, dont on saisit l'embouchure (*em*) avec la bouche, toutes les fois qu'il est nécessaire de remplir la vessie d'une nouvelle quantité d'air. A la base de ce tube est située une petite soupape (*sp*), qui donne issue à l'air insufflé, et s'oppose au passage de l'air que l'on chasse en comprimant la vessie. L'observateur assis contre la table sur laquelle est fixé l'instrument, ayant rempli d'air la vessie (*ve*) en insufflant par le tube (*am*), la comprime entre ses genoux, afin d'animer la flamme (*fl*) du petit chandelier (*ch*), en face de laquelle est placé l'ajutage (*aj*); et pour que la flamme se maintienne à la même hauteur, pendant toute la durée de l'opération, l'artiste a eu la précaution de disposer, dans l'intérieur du tube, une spirale, qui presse, en guise de ressort, la chandelle, contre l'orifice qui ne donne passage qu'à la mèche.

357. Pour les opérations autres que les opérations minéralogiques, le chandelier est remplacé par une *lampe d'émailleur* (**), dont la forme est celle de la pl. 2, fig. 8. La construction en est aussi simple que la plupart des lampes ordinaires; mais celle-ci a l'avantage de donner moins de fumée que les autres, de moins soustraire l'objet à la vue, et de pouvoir être nettoyée avec plus de facilité; car le chapiteau (*ch*), en s'abattant sur la mèche (*fl*), ramène la fumée sur la flamme, le force de se consommer au profit de la combustion, et dispense ainsi de l'usage des hottes portatives, que les souffleurs placent au-dessus de la lampe, pour conduire au dehors ou dans le manteau de la cheminée de l'appartement, les fumées oléagineuses de leurs lampes. La dépense de ce chalumeau à tubes de verre, avec son chandelier et sa lampe fumivore, est de douze francs, prix bien inférieur à celui des bons chalumeaux de forme ordinaire. Sous le rapport de la durée et de la solidité, il ne laisse rien à désirer, si l'on a soin d'en munir le bec d'un *ajutage en platine* (*ai*); et il se prête, avec un égal succès, et aux essais métallurgiques que l'on désigne sous le nom d'*essais d'analyse par la voie sèche*, et au travail des instruments en verre, dont on est si souvent obligé de modifier la forme pour les besoins du laboratoire.

358. USTENSILES DE L'ANALYSE PAR LA VOIE SÈCHE AU CHALUMEAU. Ces ustensiles ne sont ni nombreux ni d'une dimension bien grande; et pourtant aucune réaction en grand ne serait dans le cas de révéler la présence d'aussi petites quantités de substances et en si peu de temps. Un simple petit morceau de charbon bien brûlé sert de support à la parcelle de substance que l'on veut fondre; on le tient au niveau du jet de la flamme, entre les crochets d'une pince à manche de bois (planc. 3, fig. 7') (***). On préfère le charbon de pin à défaut de celui de saule, qui est préférable à tous les autres. Les charbons provenant des bois à texture compacte, celui de hêtre et de chêne par exemple, donnent trop de cendres, et leurs cendres sont trop ferrugineuses; leur contact ne manquerait pas d'altérer la pureté des réactions. C'est sur la base supérieure de ce cylindre charbonné qu'on plaçait anciennement, avec une petite lame d'acier, la parcelle de substance à essayer, et le fondant qui devait lui servir de menstrue (44); on projetait la flamme sur ce mélange en poudre, et l'on obte-

(*) On désigne plus spécialement sous ce nom, l'artiste qui s'occupe de souffler le verre pour les instruments de physique et de chimie; les *émailleurs* sont ceux qui soufflent les bijoux, les joujoux d'enfants et les objets de verroterie.

(**) Il est des circonstances qui demandent une flamme si pure de fumée, que l'on a été obligé de remplacer la lampe à huile par la lampe à esprit-de-vin. La lampe représentée par la fig. 35, pl. 1, remplit très-bien cette condition. Elle se compose d'un flacon à deux tubulures, l'une supérieure, et l'autre ouverte vers la base et sur la paroi du vase. A celle-ci s'adapte un tube de verre communiquant avec le petit vase (*lm*) qui doit servir de lampe. On emplit le premier flacon d'alcool (*al*), et on le bouche avec un bouchon de liège traversé par un tube de verre (*t*) qui plonge dans l'alcool. La combustion (*fl*) attire l'alcool vers la lampe (*lm*), et le tube (*t*) permet à l'air de s'introduire, au fur et à mesure que l'alcool s'écoule, afin de maintenir le niveau constant par une pression constante.

(***) Cette pince se compose de deux branches courbes à leur sommet (α), et que l'on rapproche l'une de l'autre à volonté, en faisant glisser l'anneau (β) dans lequel la tige est rechâssée.

nait un globule dont la coloration, pendant la fusion et après le refroidissement, donnait le caractère de la substance cherchée.

359. Dans le cas où le contact du charbon nuisait à la réaction qu'on avait besoin de produire, on se servait de petites cuillers de platine, que l'on remplaça ensuite par de petites capsules du même métal, ayant la forme et les dimensions de celle de la fig. 16, pl. 1; elles servaient de récipient aux substances d'essai. Gahn imagina un appareil qui, en certaines circonstances et avec une petite modification, a encore aujourd'hui un genre d'utilité. C'est un fil de platine de deux pouces et demi environ de longueur, qu'il recourbait par un bout, en forme de crochet. Ce crochet servait de support à la pâte, et retenait le globule vitrifié après le refroidissement. En tournant ce fil de platine en cul-de-lampe, comme l'indique la fig. 16, pl. 3 *(pl)*, ce petit appareil peut servir de support aux grandes comme aux plus petites quantités de substances, et il retient d'une manière plus sûre la pâte, pendant toute la durée de la fusion. Le bout horizontal (α) est tenu par une pince.

360. Mais l'ancien procédé, tel que nous venons de le décrire, exigeait, pour que la réaction fût lisible, que la masse soumise à l'essai se prît en un globule vitrifié, résultat qui, pour être petit à la vue, n'exige pas moins de grands efforts d'insufflation; et après tant de fatigue, le caractère que l'on cherchait à deviner ne se trouvait qu'à la surface, ou ne s'apercevait qu'à travers jour. Lebaillif imagina, par suite de cette considération, de multiplier la surface, qui suffit à l'indication du caractère, aux dépens de l'épaisseur, qui offre plus d'inconvénient que d'utilité; il étendit la vitrification au lieu de la tourner en globule; et il se servit à cet effet de petites coupelles de 4 lignes au plus de diamètre (pl. 3, fig. 16, *co*), qu'il fabriquait de la manière suivante. Il pulvérisait dans un mortier d'agate, de la porcelaine blanche et des débris de terre de pipe, il mêlait les deux poudres, et obtenait par la lévigation une pâte homogène et faisant corps avec l'eau; il l'étendait en une couche d'égale épaisseur sur une table, et au moyen d'une règle percée d'un certain nombre de trous d'égal diamètre, il en tirait, comme par un emporte-pièce, tout autant de petites rondelles qu'il avait de pâte à employer. Il appliquait ensuite une grosse bille d'enfant sur la surface de ces petites rondelles, pour les rendre légèrement concaves, et les faisait sécher dans un creuset sur un fourneau, jusqu'à ce qu'elles eussent repris une belle blancheur. Il conservait ces coupelles empilées dans des tubes de verre fermés à la lampe, et bouchés avec un liége. Chacune d'elles est destinée à un essai; à cet effet on place la substance et son réactif en poudre sur la coupelle, qui elle-même se place sur le charbon ordinaire (358); on projette la flamme sur le mélange, qui s'étend peu à peu sur la coupelle en fondant; une fois la fusion complétée, on laisse refroidir spontanément ce petit appareil, et on note la coloration qu'a prise le verre, en s'étendant comme une croûte légère, ou plutôt comme un émail, sur la surface de la coupelle. On enlève alors la coupelle avec une pince, et on la dépose pour mémoire sur une capsule en porcelaine avec son numéro d'essai. On recommence l'opération avec une nouvelle coupelle et un nouveau réactif, jusqu'à ce que la liste des réactifs ordinaires ait été épuisée. Cette méthode a été adoptée généralement, et chacun tient aujourd'hui en réserve un certain nombre de ces petits ustensiles, qui offrent l'avantage inappréciable de ménager le temps, les poumons, et d'agrandir la surface des caractères que l'on veut peindre à l'œil.

361. Ce chapitre n'étant consacré qu'à la description des instruments et des appareils, nous renvoyons à un chapitre spécial ce qui concerne l'art d'observer au chalumeau.

362. TRAVAIL DU VERRE DANS L'INTÉRÊT DES EXPÉRIENCES EN PETIT. L'art de souffler le verre est une branche de la manipulation, laquelle ne doit être tout à fait étrangère à aucune des personnes qui s'occupent de chimie. Sa puissance est restreinte au diamètre d'un tube de verre; mais avec ce peu de chose, son génie opère les plus jolies et les plus utiles transformations. Dans un ouvrage où les manipulations en petit sont appelées à occuper une si grande place, nous ne saurions nous dispenser d'entrer dans quelques détails sur la fabrication du souffleur.

363. Les tubes de verre ou de cristal que l'on emploie comme matière première de cet art, ont ordinairement un mètre de long, et affectent tous les calibres. Ils doivent être droits et également cylindriques à l'intérieur et à l'extérieur, c'est-à-dire offrant sur toute leur longueur le même diamètre et la même épaisseur. La substance doit en être d'une belle eau, sans pierres, sans stries. Le verre blanc, connu dans le commerce sous le nom de *cristal*, offre l'avantage d'une fusion plus facile; mais il noircit au contact d'une certaine portion de la flamme, à cause de l'action de la

fumée sur l'oxyde de plomb qui entre dans la composition de sa pâte; on ne s'en sert jamais pour la confection des instruments destinés à contenir l'hydrogène sulfuré, ou les hydrosulfures, etc.; on le destine aux instruments de luxe, aux baromètres, thermomètres, etc.

364. Quant à la lampe, on y brûle de l'huile de colza épurée, que l'on conserve à l'abri du contact de l'air avant et après chaque opération; les mèches sont en coton neuf, souple, non *éventé* à l'air; leur grosseur est au diamètre de l'orifice du bec du chalumeau, dans le rapport de 24 à 1, en sorte qu'elle ait environ 1 pouce, quand l'orifice est de $\frac{1}{2}$ ligne.

365. La flamme produite par l'insufflation apparaît sous forme d'un cône bleuâtre suivi d'une lueur vive, mais indéterminable, qui termine le jet et donne la chaleur la plus élevée. L'extrémité du cône bleuâtre a une grande propriété désoxydante, à cause de la quantité de gaz combustibles qui s'y accumulent; l'extrémité au contraire du jet le plus violent, libre de tout corps combustible, oxyde les métaux qui là ne se trouvent en contact qu'avec l'oxygène atmosphérique.

366. Ces circonstances étant prises en considération, on nettoie l'orifice du porte-vent avec une petite aiguille, on rafraîchit la mèche de toutes les portions charbonnées, on la taille carrément, on la partage en deux faisceaux principaux, assez écartés pour permettre au courant d'air que l'on dirige entre eux, d'effleurer leur surface.

367. On essuie les tubes de verre de l'humidité et de la poussière, soit avec un linge, soit, lorsqu'ils sont de petit calibre, en les présentant graduellement à un feu de charbon incandescent, jusqu'à ce qu'on ait noirci et puis volatilisé toutes les traces des impuretés de la poussière. Toutes les fois qu'il s'agit d'exposer des tubes de verre au feu, on le fait, en les approchant peu à peu, et en ayant soin de les retourner sur leur axe entre les deux mains, de manière à répartir la chaleur sur toute la circonférence. On prend les mesures et les divisions commandées par le genre d'ouvrage qu'on veut produire. Cela fait, on applique la flamme sur l'endroit échauffé qu'il s'agit de ramollir par la fusion, on retourne vivement le tube sur lui-même, en le tenant horizontalement fixe avec les deux mains, l'avant-bras appuyé sur le rebord de la table; et dès que le ramollissement offre le caractère voulu, on procède au travail du tube. Lorsque la pâte du verre est arrivée au *rouge brun*, on peut *courber*, *couder*, *étrangler*, *effiler*, ou *couper aux ciseaux* les tubes; pour les *souffler*, les *sceller*, les *évaser*, les *percer*, il faut que le ramollissement ait atteint le degré de chaleur indiqué par le *rouge blanc*.

368. Pour *courber* et *couder* un tube, il suffit de rapprocher ou éloigner les deux extrémités avec les mains; on peut même ainsi les tourner en spirale et en vis d'Archimède.

369. On *étrangle* un tube de verre par le même procédé qu'on l'*effile*, seulement on l'étire moins. On *effile* un tube soit à son milieu soit à l'une de ses extrémités, en amenant la fusion au *rouge-cerise*. On ôte alors le tube, on en tire les deux extrémités en sens contraire, mais horizontalement, de manière que la pointe des cônes opposés qui terminent la portion effilée soit dans l'axe du cylindre du tube. Le tube en refroidissant est ainsi effilé au milieu; si l'on coupe le tube vers le sommet de l'un des cônes, on a une extrémité effilée. Mais on peut aussi effiler l'extrémité d'un tube, en l'amenant au rouge-cerise, le pinçant avec la pointe des brucelles, et le tirant dans le sens contraire à la main qui tient le tube par l'autre extrémité.

370. Si l'on désire former un bourrelet de chaque côté de l'*étranglement*, on rapproche brusquement pendant la fusion, les deux portions de tube que l'étranglement sépare, et on le retire du feu, pour le laisser refroidir dans cet état.

371. On *borde* les tubes, en les usant à la lime, ou en exposant les orifices tranchants à la flamme, jusqu'à ce que les bords en soient émoussés. Si l'on veut que les bords en soient saillants, on en élargit l'ouverture, en y promenant un fil métallique, et l'on appuie brusquement cette portion sur un plan horizontal, pendant que la pâte est encore molle.

372. On *coupe* aux ciseaux ordinaires un tube ramolli, et on lui refait l'ouverture avec un cylindre métallique. Pendant le ramollissement, on coupe tout aussi nettement les tubes de verre d'un petit calibre, en pratiquant une entaille circulaire à la lime ou au diamant, ou même avec un seul morceau de pierre à fusil. On pince ensuite le tube avec les deux mains, aussi près que l'on peut de l'entaille, et on le casse net en cet endroit, en le coudant brusquement. Mais ce procédé ne saurait s'appliquer aux vases d'un certain calibre, dont on a besoin de diminuer la capacité, ou de régulariser l'orifice. On a donné divers procédés pour arriver à ce résultat. Les uns conseillent de pratiquer une entaille tout autour du vase avec une lime ou un diamant, et de loger dans l'entaille un fil trempé dans l'huile de térébenthine, qu'on

allume par le bout libre; la flamme, en se communiquant rapidement sur toute la longueur du fil, produit en cet endroit la séparation nette des deux moitiés du vase. D'autres remplacent le fil trempé dans l'huile de térébenthine, par un charbon allumé ou un fil de fer rougi au feu, dont ils promènent rapidement la pointe tout autour de l'entaille préalablement humectée d'eau. Mais le charbon et le fer s'éteignent à moitié chemin, et l'on casse ainsi le verre autrement qu'on ne le désire. Pour parer à cet accident on a imprégné le charbon taillé en forme de crayon, avec des substances capables d'en activer la combustion.

Gahn fabriquait de petits bâtons cylindriques, du calibre d'une plume à écrire, avec un mélange de dix gros de gomme arabique, dissoute dans deux onces d'eau, d'une demi-once de gomme adragante dissoute dans quatre onces d'eau, de deux gros de styrax calamite (*styrax officinale*), dissous dans une demi-once d'alcool à 0,85; d'une demi-once de benjoin dissoute dans $\frac{2}{5}$ d'once d'alcool au même degré, et de trois onces à trois onces et demie de charbon de bois de pin ou de saule pulvérisé et passé au tamis de soie; mélange qu'il travaillait dans un mortier de fer, jusqu'à ce que le tout fût pris en une masse compacte et homogène, qu'il moulait enfin en crayons, entre deux planches saupoudrées de charbon, et qu'il laissait sécher à l'air sous cette forme. Mais évidemment, ce mélange renferme au moins deux ingrédients qui ne contribuent en rien, ou pour bien peu de chose, à l'effet que l'on produit avec les autres. Quoi qu'il en soit, Gahn retirait les plus heureux effets de l'emploi de ces petits crayons qu'il promenait, allumés par un bout, dans la fente où il devait produire une solution de continuité, entre les deux portions du vase.

373. A la faveur de l'un ou l'autre de ces procédés, on peut retirer d'un matras, d'un ballon (40), et d'une cornue de verre (194), qui se sont fêlés au feu, des capsules (164), d'une qualité d'autant supérieure aux capsules du commerce, que les parois de ces vases soufflés sont en général d'une pâte plus homogène et d'une plus faible épaisseur.

374. Danger indique un procédé qui paraît lui avoir toujours réussi, pour enlever des portions circulaires de verres, de carafes, de cloches, etc. Il remplit le vase d'un bain d'huile jusqu'au niveau où il désire opérer la solution de continuité; il pose le tout dans un endroit aéré; puis, il plonge dans l'huile, jusqu'à la profondeur environ d'un demi-pouce, une tige de fer, rougie au feu, d'un pouce environ de diamètre; l'huile qui s'échauffe se rend violemment à la surface du bain, et la différence brusque qui s'établit à ce niveau entre la portion inférieure de l'huile, et la couche intérieure de l'air atmosphérique, fait que la solution de continuité des parois du vase s'opère avec l'horizontalité tracée par le niveau du bain. Il est un phénomène qui a peu fixé l'attention, quoiqu'il ne soit pas rare, et que l'on pourrait, il nous semble, mettre à profit pour obtenir le résultat dont nous parlons. Il arrive fréquemment de voir des *verres à boire* casser spontanément sur la cheminée, avec une grande netteté et une explosion argentine de fêlure, quoiqu'aucun mouvement de l'air et aucun choc n'aient donné lieu à cet accident. On reproduit ce phénomène, si l'on enduit de persil, ou de divers extraits, et même de certains sels, une portion des parois du vase, l'autre restant pure et nette, et que l'on expose le vase à une brusque évaporation, soit en le posant sur une fenêtre, soit en le transportant d'un endroit frais dans un endroit chaud, et *vice versâ*; on ne tarde pas à entendre le même bruit, et à remarquer le même genre de cassure sur les parois du verre. Ce phénomène, dans tous ces cas, est dû aux effets de l'évaporation, qui place brusquement les deux portions du vase dans deux températures différentes. Or, il nous semble qu'en se livrant à quelques essais, on arriverait à trouver des règles constantes d'application de ce phénomène au but que nous venons de signaler.

375. On *souffle* les tubes de verre, pour les enfler en boules sphériques ou cylindriques sur une portion quelconque de leur longueur, ou pour les terminer par une boule destinée à servir de matras à l'ébullition, ou de réservoir à un liquide.

Pour souffler une boule à l'extrémité d'un tube, on commence par le *sceller*, c'est-à-dire par le fermer à la flamme de la lampe, et l'on amasse à ce point autant de matière qu'on pense en avoir besoin pour opérer l'expansion de la boule. Lorsque le bout est complétement scellé et arrondi en bouton, on élève la température au *rouge blanc*, en continuant de tourner vivement le tube entre les doigts; on le retire de la flamme, en continuant encore à le retourner vivement dans une position horizontale. On souffle au plus vite avec la bouche par l'extrémité ouverte du tube, jusqu'à ce que la boule ait acquis le volume cherché, sauf à recommencer, si à la première fois on n'y est pas parvenu. Pour souffler les boules des tubes thermométriques, on adapte à l'extrémité ou-

verte, une bouteille de caoutchouc qu'on presse de la main droite, en tenant le tube de la gauche. On produit aussi des ampoules, par la seule dilatation de l'air atmosphérique, qu'on a eu la précaution d'emprisonner hermétiquement dans la capacité d'un tube; il suffit pour cela de tourner dans la flamme l'extrémité qu'on désire enfler en boule.

376. Si la boule doit être produite sur une portion quelconque de la longueur d'un tube, et non à l'une ou l'autre de ses extrémités, on prend un tube parfaitement calibré, à parois de 1 à 2 millimètres environ; on en ramollit deux zones aussi rapprochées que l'exige le diamètre de la boule qu'on veut effectuer, et à l'instant favorable du ramollissement, on l'étire de part et d'autre en deux pointes, en observant que les deux pointes se trouvent sur l'axe du cylindre; on a alors *un cylindre en deux pointes*. On coupe les pointes avec un silex, à quelques pouces de leur base, et l'on en *scelle* une (375); on soumet le cylindre au ramollissement qu'exige la confection des boules, et on le gonfle en tournant avec beaucoup de vitesse. Cela s'appelle *souffler une boule entre deux pointes*.

377. Lorsqu'au lieu d'un réservoir sphérique (pl. 3, fig. 9, *b*) on a besoin d'un réservoir cylindrique, comme dans les pipettes du commerce, on reprend la boule soufflée entre deux pointes, on la soumet à un nouveau ramollissement; et en l'étirant, on l'allonge en olive.

378. *Évaser*, c'est agrandir l'ouverture d'un tube en entonnoir ou en cloche; on en soumet l'extrémité à la flamme jusqu'à un ramollissement convenable, et avec une aléne en fer, introduite dans l'ouverture ramollie, de toute la longueur qu'on désire donner à la cloche, on presse obliquement les parois en tournant le tube; on a alors un entonnoir conique. Les entonnoirs à mercure (pl. 3, fig. 24) se font au moyen d'une *boule à deux pointes* (376), dont on retranche une; on ramollit la boule, et on souffle pour l'évaser; si les bords n'en étaient pas réguliers, on les rafraîchirait *au ciseau* (372).

379. Pour *percer* une paroi de tube ou de boule, on *scelle* (376) l'une de ses extrémités, on dirige la pointe du jet enflammé sur la portion de surface qu'on a besoin de perforer, et lorsqu'on la voit arrivée au *rouge blanc*, on retire promptement la paroi de la flamme, et l'on souffle fortement dans le tube; la force du souffle suffit pour faire crever la pâte en cet endroit; si l'ouverture n'est pas régulière, on la soumet de nouveau à la flamme pour la *border* (371).

380. On *soude* les tubes de verre entre eux, en rapprochant leurs extrémités respectives, les soumettant à la fois à la flamme, les refoulant l'une contre l'autre au moment de la fusion, et continuant de les présenter à la flamme, jusqu'à ce que les bords des deux ne fassent plus qu'une paroi commune; mais cela suppose deux tubes de même nature, et de même calibre. On ne soude jamais bien le verre et le cristal. Si les tubes ne sont pas de même calibre, on cherche à donner le même diamètre aux deux extrémités, soit en les *évasant* (378), soit en *effilant* (369) celle du plus gros, et coupant la partie effilée juste à la zone qui présente le même calibre que l'extrémité du tube plus mince. Pour souder un tube sur la paroi latérale d'un autre tube, ou d'une boule, on a recours à des précautions analogues.

381. A l'aide de ces deux ou trois appareils du *souffleur* et de ce petit nombre de préceptes, il n'est pas de vases et d'instruments en verre de chimie, que l'on ne puisse confectionner, dans les dimensions qui n'exigent pas un feu de verrerie: *pipettes*, *chalumeaux en verre*, *tubes fermés à la lampe ou éprouvettes*, *tubes recourbés*, *tubes de sûreté* (220), *entonnoirs*, *petits ballons*, *petites cornues*, *serpentins en verre* (188), *allonges* (194), surtout enfin les instruments dont nous allons avoir à nous occuper à l'occasion des manipulations microscopiques.

CHAPITRE II.

APPAREILS POUR LES MANIPULATIONS AU MICROSCOPE.

382. Nous avons décrit, dans le chapitre précédent, les instruments et ustensiles qui suffisent à tous les genres de manipulations, que l'on peut aborder avec l'unique secours de la vision distincte ordinaire. Là se sont arrêtées les limites de l'observation, jusqu'à ce que l'art, fécondant les applications d'une découverte due au hasard, soit venu augmenter la portée de notre vue, et rendre accessibles à notre œil les images des objets que leur petitesse laissait inapercevables. L'invention des verres grossissants a ouvert un nouveau monde à

l'observateur, et a enrichi nos classifications de plusieurs milliers de petits êtres; elle va nous fournir le moyen de diminuer d'autant l'espace du laboratoire, et d'obtenir en quelques minutes, et sur un champ d'un millimètre environ, des résultats, qui exigeraient autrement de longues journées, une grande dépense de substances et d'appareils, et offriraient souvent bien moins de certitude et de précision.

383. Comme le sujet est neuf, et que l'introduction du microscope dans la *chimie organique* n'a été généralement adoptée que depuis la publication de notre dernier ouvrage, nous entrerons dans les plus grands détails, pour en faire comprendre la *théorie*, le *mécanisme*, et l'*emploi*.

§ I. *Théorie du microscope.*

384. N'ayant à traiter le sujet qui nous occupe que dans un but pratique, on ne doit pas craindre que nous visions à être aussi complet que dans un traité de physique. Nous nous abstiendrons en conséquence de donner des formules compliquées, qui seraient dans le cas d'effrayer la patience de la plupart de nos lecteurs, et nous nous appliquerons à mettre la démonstration à la portée de tout le monde. Nous n'emprunterons, au *Traité de la lumière*, que juste ce qu'il nous faut, pour éclairer notre sujet spécial.

385. L'expérience démontre que, lorsqu'un rayon lumineux tombe sur une surface plane polie, sur la glace d'un miroir, par exemple, la portion de la lumière, qui parvient à notre vue, fait, avec la surface du miroir, le même angle que le rayon émané directement du corps lumineux, et que les deux rayons sont dans le même plan normal. Soit AB (fig. 1, pl. 4) cette surface polie, *c* un foyer lumineux quelconque; le rayon émané de ce corps se comportant, pour ainsi dire, à la manière des corps élastiques, sera réfléchi en partie, en tombant sur un point quelconque (*r*) de la surface, vers l'œil de l'observateur (o). Le trajet parcouru par ce rayon de *c* en *r*, se nommera le *rayon direct*, et le trajet parcouru par le même rayon de *r* en *o*, se nommera *rayon réfléchi*; le point *r* de la *surface réfléchissante* AB sera le *point d'incidence*. Or, si, à l'aide d'un cercle gradué, on mesure les angles compris entre les lignes *cr* et A*r* d'un côté, et les lignes *ro* et *r*B de l'autre, on trouvera que les deux angles *cr*A et *or*B sont parfaitement égaux; il en serait évidemment de même entre les angles *crn* et les angles *nro*. L'angle dont le *rayon direct* forme un des côtés, se nomme *angle d'incidence*, et celui dont le *rayon réfléchi* forme un des côtés, se nomme angle de *réflexion*; on dit alors que l'*angle d'incidence* est toujours égal à l'*angle de réflexion*, et qu'ils se trouvent tous les deux dans le même plan.

386. Mais l'image émanée du foyer lumineux *c* ne nous apparaît pas à la place occupée par le corps. Nous la voyons dans le prolongement du *rayon réfléchi*, comme si le foyer lumineux *c* se trouvait placé en *c'*, de manière que les angles A*rc* et A*rc'* soient égaux entre eux, et que c et *c'* soient à une égale distance du point d'incidence *r*. C'est par une illusion inhérente à la structure de notre vue, que, quelque brisé qu'ait été le rayon lumineux, nous ne voyons l'image qu'il nous apporte, que dans le prolongement du rayon réfléchi, qui arrive immédiatement à notre œil.

387. Les surfaces réfléchissantes absorbant une certaine portion de la lumière incidente, l'image réfléchie ne saurait jamais être aussi nette pour nous, que l'image qui nous arriverait directement du corps lui même. Cependant l'habitude de voir, et surtout la comparaison des corps environnants, fait que nous rapportons la place du corps observé, à une distance égale à la somme des rayons directs et réfléchis, en sorte que la ligne *c'o* est égale à *cr* + *ro*.

388. Mais l'image réfléchie ne se trouvera pas, par rapport à nous, dans la même position, que l'image qui nous arriverait directement du corps; elles seront au contraire opposées l'une à l'autre base à base. Car le rayon émané de la base *b* arrivant à l'œil *o'*, en vertu de la même loi que le rayon du sommet *c*, par suite de l'égalité de l'angle d'*incidence* et de l'angle de *réflexion*, et l'œil ne voyant les images que dans le prolongement du rayon réfléchi (*ro'*), il s'ensuivra que l'image de la base *b* nous apparaîtra en *b'*; et que l'image sera *renversée*.

389. Quant à la portion de lumière qu'absorbe le corps réfléchissant, elle n'est pas perdue tout à fait pour la vision, si le corps jouit d'une certaine transparence; on la retrouve en plaçant son œil derrière ce corps; et, dans certains cas, l'on peut voir l'objet, comme si rien ne s'interposait entre lui et notre vue. Mais l'expérience démontre qu'à travers ce corps transparent, qu'à travers cette glace, la marche du rayon lumineux ne suit plus la loi de la réflexion.

390. Soit, par exemple, une glace non étamée semblable, à surfaces parallèles (*gl*, fig. 2, pl. 4); si je l'interpose entre l'objet éclairé (*c*) et mon œil (o), de manière que l'œil et l'objet se trouvent

aux extrémités d'une ligne qui traverserait la glace perpendiculairement à ses deux surfaces, je vois l'objet à sa véritable place, et comme si je n'avais pas le verre devant les yeux. Si, au contraire, j'abaisse mon œil de manière que les rayons émanés de l'objet tombent, pour arriver jusqu'à moi, obliquement sur la surface de la glace, je verrai alors ce corps hors de sa place réelle; et au lieu de me placer en o', où je le verrais sans l'interposition de la glace, je serai obligé d'élever mon œil en o'' pour l'apercevoir. Or, comme nous ne voyons les objets que dans le prolongement du rayon qui arrive immédiatement à notre vue, il s'ensuit que l'image du corps c m'apparaîtra alors en c'.

391. On a donné le nom de *réfraction* à la loi qui produit le phénomène par lequel un rayon lumineux, en changeant de milieu, se brise, se *réfracte*, suivant différents angles; la formule de la *réfraction* est tout aussi rigoureuse que celle de la *réflexion*, et c'est elle qui sert de base à la théorie du microscope.

392. Le rayon lumineux (*), en passant d'un milieu dans un autre de densité différente (303), se *réfracte*, s'il tombe obliquement sur la surface de séparation. De même qu'une boule lancée dans l'espace dévie de la direction qu'elle suivait dans l'air, dès qu'elle pénètre dans l'eau, de même le rayon lumineux change de direction, en passant, par exemple, de l'air dans l'eau, de l'eau dans l'air, de l'eau dans le verre; et si ces divers milieux sont diaphanes, on peut aisément prendre les rapports de la déviation. C'est par suite de cette loi que le bâton, en entrant dans l'eau, semble se couder à la surface; et que le fond d'un vase, que nous cachent les parois, lorsqu'il est vide, devient visible, lorsqu'on remplit sa capacité d'un liquide transparent.

Mais le rayon lumineux ne subit pas la moindre réfraction, lorsque sa direction, en changeant de milieu, se confond avec la perpendiculaire abaissée sur la surface de séparation. Il continue sa route en ligne droite, presque comme s'il n'avait rencontré aucun obstacle sur son passage (fig. 2, pl. 4, 390).

393. Le plan, par lequel passent le *rayon incident* et le *rayon réfracté*, est toujours normal à la surface qui sépare les deux milieux, au point que traverse le rayon lumineux, et le rayon ne se réfracte jamais ni à gauche ni à droite de ce plan imaginaire.

394. Le *sinus* (**) de l'angle que fait le rayon incident avec la normale idéale au point d'incidence, est toujours, à l'égard des mêmes milieux, dans un rapport constant avec le *sinus* de l'angle opposé, c'est-à-dire de l'angle que fait le rayon réfracté avec la même normale prolongée à travers le milieu. Soit en effet une capsule en moitié de sphère (pl. 4, fig. 3), et remplie, jusqu'au bord NN, d'un liquide quelconque. Si on dispose verticalement, et dans le sens du grand diamètre, un demi-cercle gradué (C), et que, par un point de la circonférence, on fasse tomber obliquement, sur la surface NN, un rayon lumineux (ra), on trouvera que, quelle que soit l'ouverture de l'*angle d'incidence* formé par le rayon ra avec la normale pa, le sinus rs de cet angle est dans un rapport constant avec le sinus $r's'$ de l'*angle de réfraction*, que forme le rayon réfracté ar' avec la normale ap; que, par exemple, si le rayon incident entre de l'air dans l'eau, et que le sinus de l'*angle d'incidence* soit 4, le sinus *de réfraction* sera à peu près 3; si le premier est 8, le second sera 6; si le premier est 9, le second sera 6,75, et ainsi de suite.

395. En passant d'un milieu quelconque dans un milieu en général plus dense, le rayon lumineux se rapproche de la normale, à la surface de séparation qui passe par le point d'incidence. En sortant au contraire de ce milieu, et en vertu de la même loi, le rayon lumineux s'éloigne de la même perpendiculaire. Or, comme les *sinus* de l'angle d'incidence et de l'angle de réfraction sont dans des rapports constants, il s'ensuit que si les surfaces du milieu réfringent sont parallèles, telles que celles d'une glace non étamée, le *rayon émergent* ($o''a'$ fig. 2) se trouvera parallèle au rayon incident (ca).

(*) Les savants sont partagés sur la théorie de la lumière, c'est-à-dire sur la manière dont on peut se représenter le mouvement des rayons lumineux. Les uns admettent que la molécule lumineuse émane du corps lumineux, et arrive à notre œil d'un foyer de lumière; les autres, au contraire, que la lumière est une impression produite par les vibrations du corps lumineux, et par les ondulations de l'*éther* impondérable qui en sont la conséquence. On désigne le premier système sous le nom de *théorie de l'émission*, et le second sous celui de *théorie des ondulations*. C'est cette dernière que les physiciens français paraissent définitivement avoir adoptée. Mais nous nous servirons de la phraséologie de la première théorie, parce qu'elle se prête mieux aux démonstrations graphiques, renvoyant la discussion des deux à la fin de cet ouvrage.

(**) Le *sinus* est la droite qui part de l'extrémité de l'un des côtés de l'angle, pour tomber perpendiculairement sur l'autre côté.

396. Ce rapport, que l'on nomme *indice de réfraction*, varie selon la nature des milieux, et sert à faire connaître les différences de *pouvoir réfringent;* les milieux les plus réfringents étant ceux qui rapprochent le plus de la normale le rayon réfracté (*). C'est à l'expérience à déterminer le pouvoir réfringent de chaque corps diaphane; c'est par cette voie que Newton a reconnu que le verre était plus réfringent que l'air, l'eau que le verre, le cristal de roche plus que le verre, l'eau de pluie plus que le cristal, la gomme arabique plus que l'eau, l'huile d'olive plus que la gomme arabique, l'huile de térébenthine plus que l'huile d'olive, le diamant plus que l'huile de térébenthine; le carbure de soufre qui est liquide a été plus tard reconnu plus réfringent que le diamant.

397. Ces lois principales de la réfraction étant ainsi posées, passons au parti qu'on peut en tirer pour augmenter la puissance de la vision.

Au lieu d'interposer, entre l'objet et notre œil, une plaque transparente à surfaces parallèles (390, fig. 2), supposons un prisme à section triangulaire (pl. 4, fig. 4 *bcd*); le rayon émané du sommet *f* de l'objet, arrivant perpendiculairement sur la face *bd*, traversera la substance du prisme sans déviation aucune; mais en entrant dans l'air, au sortir de la surface *bc*, il s'éloignera de la normale *n* (395), et arrivera dans cette direction à l'œil de l'observateur. Le rayon *f* n'éprouvera aucune déviation en pénétrant dans la substance du prisme en *a*, ni au sortir du prisme en *c*, parce que là il se confondra avec la normale même, et il arrivera en droite ligne à l'œil de l'observateur, à quelque distance que celui-ci se place. Le rayon *f'*, émané de la base de l'objet, suivra, en entrant dans la substance du prisme et en passant dans l'air, la même déviation, mais en sens inverse, que le rayon émané du sommet, trouvant partout sur son passage les mêmes conditions que celui-ci. Il viendra donc converger et se réunir à lui, à une distance quelconque déterminée par la puissance de la réfraction; et si l'œil se place à ce point de la convergence, il recevra l'image réfractée de l'objet *ff'*. Mais comme nous ne voyons que dans le prolongement du rayon qui arrive immédiatement à notre vue (386), il s'ensuit que nous apercevrons le sommet *f* de l'objet en *i*, et sa base *f'* en *i'*, c'est-à-dire que nous verrons l'objet sous un angle plus grand qu'à la vue simple; nous dirons alors que le prisme a *grossi* l'image de l'objet. Le point o, où l'image devient distincte, c'est-à-dire où convergent les rayons émanés de l'objet *ff'*, se nomme le *foyer* du corps réfringent.

398. Il serait facile de démontrer, ce qu'apprend du reste encore mieux l'expérience directe, qu'un tel prisme ne saurait transmettre à l'œil une image complète du corps observé. On obtiendra déjà de meilleurs effets, en remplaçant les surfaces planes *bc* et *cd* par une surface courbe, fig. 5, *bcd;* mais cette forme, en segment de cylindre, ne grossira, d'une manière assez nette, que l'image de l'une des dimensions de l'objet, de la dimension qui se trouvera dans le plan parallèle à la base du cylindre, et par conséquent il altérera les formes de l'objet observé. Si l'on veut faire converger au même point les rayons émanés de toute la surface de l'objet, il sera nécessaire de remplacer la forme cylindrique par un segment de sphère, dont la fig. 5 *bcd* donne le profil. Or, comme les surfaces courbes sont assimilables aux surfaces d'un polyèdre à un nombre infini de faces, pour avoir la normale *nn'* au point d'émergence du rayon qui aura traversé ce corps réfringent, il me suffira de prendre la tangente *t* au rayon qui aboutit au point d'émergence, et j'aurais, de cette manière, pour évaluer l'angle de réfraction, les mêmes données que lorsqu'il ne s'agissait de le mesurer que sur des prismes à surfaces planes (397).

399. Si, au lieu d'un prisme à trois faces (fig. 4, pl. 4) on en accolait deux par leur base *bad*, de manière à obtenir le prisme à quatre pans symétriques (fig. 6), on trouverait que le rayon *f*, émané du sommet de l'objet, a deux réfractions à subir (392) : la première en tombant obliquement sur la surface *ba* du prisme, et la seconde en sortant obliquement de la surface *bc* du prisme; qu'il en est de même, quoiqu'en sens inverse, pour le rayon *f'* émané de la base de l'objet, qu'ainsi le rayon réfracté s'est écarté deux fois de la direction en ligne droite *ff* et *f'f'* qu'il aurait parcourue, sans l'interposition du prisme entre l'objet et l'œil de l'observateur; qu'en conséquence il converge vers l'œil, sous un angle beaucoup plus ouvert que dans le cas d'un seul prisme (397, fig. 4). Le prisme (fig. 6) grossira donc plus que la moitié du même prisme (fig. 4).

(*) Lorsqu'on veut mesurer le pouvoir réfringent d'un liquide ou d'un gaz, on construit des prismes à trois faces et creux, en accolant par les bords trois lames d'égale épaisseur d'une verre à glace, et fermant les bases par deux autres lames de verre. On remplit la capacité de ce vase du liquide ou du gaz donné, et on observe la réfraction du rayon lumineux comme à travers un prisme solide.

Il en sera donc de même du corps réfringent, dont la fig. 7 donne la section normale au diamètre, par rapport à celui dont la fig. 5 donne la même section, et qui n'est que la moitié du premier.

400. D'un autre côté, on trouvera que le foyer (*o*), c'est-à-dire le point où convergent les rayons réfractés par ces sortes de corps, est plus éloigné de la surface chez le prisme à trois pans (fig. 4), que chez le prisme à quatre pans (fig. 6), et que partant la *distance focale* de ces corps sera d'autant plus courte que le grossissement sera plus fort.

Il est évident que chez le prisme (fig. 6) et la lentille (fig. 5), la *distance focale* sera la même, que l'on présente les objets par une face ou par l'autre.

401. On comprendra facilement, si l'on s'applique à en faire le tracé sur le papier, que deux circonstances différentes aont dans le cas de rendre la *distance focale* des lentilles plus courte, et par conséquent le grossissement plus fort : ces deux circonstances sont la différence de courbure des surfaces, lorsque la substance a le même pouvoir réfringent, et la différence du pouvoir réfringent à égalité de courbure des surfaces. Ainsi une lentille de verre grossira d'autant plus, et exigera que l'objet et l'œil soient placés d'autant plus près de ses deux surfaces, qu'elles seront des segments d'une sphère d'un plus petit diamètre ; et d'un autre côté, une lentille de diamant grossira beaucoup plus qu'une lentille de verre de même courbure qu'elle. La courbure fait que les rayons parallèles qui émanent de l'objet tombent plus obliquement sur la *tangente* au point d'incidence ; et la supériorité du pouvoir réfringent, en rapprochant davantage le rayon réfracté de la normale, fait qu'il converge vers un point plus rapproché.

402. Les lentilles dont on se sert, pour réfracter les rayons lumineux, se désignent par les dénominations de leurs deux surfaces : on appelle *lentilles plano-convexes*, les lentilles composées d'une surface plane et d'une surface convexe (pl. 4, fig. 5, *bcd*) ; *lentilles biconvexes*, les lentilles dont les deux surfaces opposées sont convexes (fig. 7, *abcd*) ; *lentilles plano-concaves*, celles dont une surface est plane et l'autre concave (fig. 8) ; *lentilles biconcaves*, celles dont les deux surfaces opposées sont concaves (fig. 9) ; enfin *lentilles concavo-convexes* ou *ménisques*, celles dont une surface est concave et l'autre convexe (fig. 10). Les lentilles *biconvexes* et *plano-convexes* se désignent sous le nom de *verres convergents* ; on désigne, sous le nom de verres *divergents*, les lentilles *biconcaves* et *plano-concaves*. Les premières grossissent les images, les secondes les rapetissent ; ce dont on s'assurera facilement, en répétant, à l'égard des unes et des autres, les constructions géométriques que nous avons appliquées aux prismes, fig. 4 et 6, pl. 4. Les *ménisques* sont convergents ou divergents, selon que le rayon de courbure de la face convexe est moindre ou plus grand que celui de la face concave.

En général, dans la construction des microscopes, on ne fait usage que de verres *biconvexes* ou *plano-convexes*.

403. La *distance focale* d'une lentille convergente se déduit du calcul, ou s'obtient par une mesure directe. Le calcul apprend que le foyer d'une lentille biconvexe de verre peut être considéré, dans la pratique, comme étant égal au produit des deux rayons divisé par leur somme et par le rapport de réfraction diminué de l'unité. Mais lorsque les lentilles ont de très-petites dimensions, il serait difficile d'en déterminer avec précision la courbure ; on a recours alors à une mesure directe, qui consiste à recevoir sur un écran l'image réfractée par la lentille, et à mesurer la distance qui existe entre l'image et la surface du *verre convergent* ; on se sert à cet effet de la lumière du soleil, ou de celle des nuages. Le point où l'image de la lumière réfractée est la plus nette et la plus distincte, indique celui du foyer principal. Ce mode de tâtonnement donne des résultats d'une suffisante précision.

404. Mais les lentilles, espèces de prismes à surfaces courbes (398), participent, dans la réfraction des rayons lumineux, des propriétés des prismes à surfaces planes ; et malgré toute la perfection qu'il est possible d'apporter à leur fabrication, elles ne sauraient transmettre à notre vue une image complétement pure et complétement conforme à l'objet. D'un côté, le rayon de la lumière se décompose en passant à travers les lentilles, de même qu'à travers un prisme à trois pans, et l'image arrive à l'œil altérée par des franges colorées que l'on désigne sous le nom d'*irisations*. Les couleurs, en effet, étant plus réfrangibles les unes que les autres, s'écartent de la normale au point d'émergence, plus les unes que les autres ; et, par conséquent, au sortir d'une lentille convergente, elles convergent vers des foyers plus ou moins distants. De là, non-seulement coloration de l'image au *foyer principal*, mais perte de lumière, à quelque foyer que l'œil se place. On a donné le nom d'*aberration de*

réfrangibilité à cette diffusion des rayons. D'un autre côté, quelque homogène que soit la pâte du verre, et quelque régulière que soit la courbure des surfaces, il n'est pas moins certain que les rayons lumineux, réfractés par une lentille, ne convergent pas tous vers le même foyer; que ceux qui émergent, par exemple, dans le voisinage de ses bords, ont un foyer plus long que ceux qui émergent dans le voisinage de l'axe; l'image à chaque foyer est donc incomplète; on a donné à ce genre d'*aberration* le nom d'*aberration de sphéricité*. On corrigeait en quelque sorte celle-ci, par l'usage de diaphragmes placés sur la surface même du verre, et dont l'ouverture ne donnait passage qu'aux rayons qui tombaient très-près de l'axe de la lentille. Mais, jusqu'à ces derniers temps, on avait désespéré de corriger l'autre *aberration*, dans la construction des microscopes; les artistes en effet avaient toujours reculé devant l'idée d'*achromatiser* des lentilles d'aussi petites dimensions que les lentilles objectives de cet instrument. Selligue a eu le premier le mérite de vaincre la difficulté, et d'appliquer l'*achromatisme* au microscope.

405. L'*achromatisme*, c'est-à-dire le résultat par lequel on dépouille l'image de toute coloration qui lui est étrangère, est fondé sur le principe de la *différence de réfraction* des diverses substances diaphanes; en sorte qu'en associant deux prismes de pouvoir réfringent différent, l'un des deux fasse converger le rayon que l'autre disperse, et recompose pour ainsi dire le rayon blanc que l'autre a décomposé. L'*achromatisme* corrige de la sorte l'*aberration de sphéricité*, en même temps qu'il annulerait l'*aberration de réfrangibilité*, s'il était permis d'atteindre, dans l'exécution, la précision que comporte le calcul. Dollond découvrit que l'association du *crownglass* (verre de glace de première qualité et d'une teinte légèrement verdâtre) et du *flint glass* (verre dans la pâte duquel l'oxyde de plomb entre en certaines proportions), ramenait au même point de l'axe la lentille, les foyers divers des rayons extérieurs du spectre, et donnait des images aussi incolores qu'il est possible de le désirer. Il appliquait à cet effet sans intervalle, une lentille bicunvexe (pl. 4, fig. 7) de *crownglass*, contre une lentille biconcave (fig. 9) de *flint glass*. Ce système de deux lentilles se nomme *lentille achromatique*.

C'est avec ces deux substances que l'on fabrique aujourd'hui les lentilles objectives du microscope; mais de manière que la forme de la lentille composée soit *plano-convexe*. Le *crownglass* étant taillé en lentille *plano-concave*, on applique contre sa surface concave une lentille biconvexe de *flint glass*, et l'on tourne le *crown* du côté de l'objet à observer, ce qui fait que les rayons, tombant perpendiculairement sur la première surface de la lentille achromatique, la traversent sans éprouver d'aberration de sphéricité. Depuis la première application de Selligue, on est parvenu à travailler des lentilles achromatiques de trois millimètres de diamètre; et comme l'achromatisme permet d'en associer impunément plusieurs ensemble, il s'ensuit qu'en rapprochant trois de ces lentilles d'un espace bien moindre que leur distance focale, on peut augmenter le grossissement de l'image, et vaincre, par cette combinaison des verres, l'obstacle que l'art rencontre encore à travailler de pareilles lentilles sur une courbure plus forte; ce qui retarde l'application de l'achromatisme aux forts grossissements du microscope simple.

§ II. *Mécanisme du microscope.*

406. Le microscope est un instrument d'observation, destiné à nous faire apercevoir des objets que leur petitesse seule rend inaperceva bles à la vue simple, et cela, en brisant les rayons qui en émanent, de manière à agrandir l'angle sous lequel ils convergent vers notre œil.

407. On obtient ce résultat, soit au moyen de la *réflexion* (385), soit au moyen de la *réfraction* (391). Dans le premier cas le microscope est *catoptrique*; c'est un assemblage de miroirs concaves ou convexes, et d'un système d'oculaires. Dans le second cas, le microscope est *dioptrique*, et il n'entre dans sa construction que des lentilles réfringentes. Nous ne nous occuperons que de ce dernier genre; l'usage des *microscopes catoptriques* ayant été généralement abandonné, soit à cause de la difficulté de donner aux miroirs toute la perfection convenable, et de les conserver longtemps en bon état et en position, soit surtout à cause que la combinaison des effets de la réflexion et de ceux de la réfraction n'est propre qu'à altérer la netteté des images, alors même que l'art aurait aplani toutes les difficultés de l'exécution.

408. Tout microscope se compose de deux systèmes de pièces, d'un système de lentilles réfringentes, et d'un système de monture; c'est de l'heureuse combinaison de ces deux systèmes, toutes choses égales d'ailleurs, que dépend la supériorité de l'instrument.

409. Lentilles. Déposez une goutte d'eau sur une lame de verre horizontale, et vous aurez une lentille *plano-convexe*, qui vous donnera l'image grossie des petits objets, avec la plus grande netteté, tant que l'évaporation n'en aura pas altéré la courbure. Il suffira de placer l'objet au foyer (403), sous la lame de verre, et de l'éclairer de bas en haut par la réflexion d'une autre lame polie (*). Si vous trouvez le moyen de fixer votre lame horizontale, et d'approcher à volonté le corps observé, vous aurez improvisé un microscope, avec les pièces principales qui entrent dans la structure de tous ces instruments; or la matière à lentilles ne vous fera pas défaut, si vous faites vos observations sur le bord d'une eau limpide; le hasard variera à l'infini la puissance de vos grossissements.

410. Il est vrai que la courbure de ces sortes de lentilles liquides variera d'autant plus vite, que les circonstances atmosphériques accéléreront davantage l'évaporation. On obtiendra des effets plus durables, en remplaçant la goutte d'eau, par une larme limpide de la gomme qui suinte sirupeuse de l'écorce des arbres à *noyau*, ou mieux par la résine qu'une entaille fait couler de l'écorce des arbres résineux. Si l'on a soin d'enduire d'une légère couche grasse la lame de verre, sur laquelle on dépose la goutte de gomme, et d'une légère couche d'eau la lame de verre sur laquelle on va déposer la goutte résineuse, elles n'en prendront, en durcissant, l'une et l'autre, qu'une courbure plus régulière, en vertu des lois de la capillarité. On parviendra par ce moyen à se procurer des lentilles *plano-convexes* (402), qu'avec un peu de précaution on pourra conserver tout aussi longtemps que les lentilles de verre.

411. Il n'est pas rare de rencontrer, sur la surface ou dans l'épaisseur des lames de verre, certains renflements qui affectent une assez grande régularité pour tenir lieu de lentilles; si bien qu'on a vu les rideaux de mousseline, qui se trouvaient au foyer de la réfraction de ces petits défauts, prendre feu à la lumière du soleil. Ces défauts du verre peuvent fournir, comme on le voit, d'excellentes lentilles.

412. Mais il serait peu rationnel de se mettre à la recherche de ces lentilles, quand on peut se procurer, dans le commerce, des lentilles de verre d'une si grande perfection et à si peu de frais; celles d'un petit diamètre et du plus fort grossissement ne dépassant pas le prix de 2 francs.

413. Les lentilles de verre se fabriquent de deux manières : on les *souffle* ou on les *travaille*. Pour obtenir des lentilles soufflées, et ce sont celles de la plus petite dimension, on place du bon verre en poudre dans une petite spirale de platine (pl. 3, fig. 16 *pl*), ou sur un trou régulier pratiqué dans l'épaisseur d'une lame de même métal; on la fond au chalumeau, et on la laisse refroidir lentement, par le refroidissement, la masse s'arrange en un globule qui approche plus ou moins de la sphéricité complète, et qui dès lors donne des grossissements énormes, ou bien dont les deux faces, ayant la même courbure, sont rapprochées comme deux segments de la même sphère. Il est rare que, sur dix à douze fabriquées de la sorte, on n'en trouve pas une bonne; et pour chalumeau, dans cette circonstance, on n'a besoin que d'une chandelle et d'une pipette en verre (pl. 3, fig. 9).

414. On travaille les lentilles, en usant les surfaces du verre. On fait choix, dans ce but, d'un morceau de glace ou de verre coulé, qui n'offre dans sa substance ni *points*, ni *larmes*, ni *filets*, ce dont on s'assurera, soit en regardant au travers d'une vive lumière, soit en recevant, sur un miroir concave, les rayons réfractés par ce morceau de glace. On la divise en morceaux du diamètre voulu, que l'on corrode au tour, sur les bords, dans un bassin en fer. On fabrique ensuite les bassins dans lesquels on doit user et courber les surfaces; on les creuse dans l'épaisseur d'un morceau de cuivre, ou mieux, du métal des cloches, avec un arc en acier de la sphère dont la lentille doit représenter un segment; ou bien on les produit, en enfonçant d'un coup de marteau, sur une plaque de cuivre assez épaisse, l'extrémité sphérique d'une forte tige d'acier, que l'on tournera encore sur le cuivre pour rendre la concavité régulière. On applique le morceau de glace sur une molette; on l'ébauche au tour dans le bassin, d'abord avec du grès, ensuite avec du gros émeri mouillé, puis avec de l'émeri de plus en plus fin; lorsque la surface est usée convenablement, on corrode l'autre surface de la lentille par les mêmes procédés et sur le même bassin; et enfin quand on est sûr d'avoir obtenu les

(*) Ce n'est pas d'aujourd'hui que ce phénomène de réfraction a fixé l'attention des hommes : *Litteræ*, dit Sénèque, *quamvis minutæ et obscuræ, per vitreum pilum, aquâ majores clarioresque cernuntur*. De cette observation à l'invention des verres grossissants, il semble qu'il n'y ait que la distance d'une phrase; et cependant la distance du principe à son application a été de douze cents ans. Telle est l'histoire de toutes les découvertes qui nous frappent par leur simplicité. On est tout étonné de leur qu'on les ait cherchées si loin et pendant si longtemps, quand on les trouve si près de nous.

deux courbures très-régulièrement, on les polit, en tapissant le bassin d'une feuille de papier que l'on nettoie au tour, et qu'on recouvre d'un excellent tripoli de Venise. Ces lentilles sont biconvexes. Pour les lentilles plano-concaves, on use à plat l'une des faces, et avec un bassin convexe l'autre, par les mêmes procédés que ci-dessus. Nous ne nous occuperons pas ici de ce qui rentre dans l'habitude et le tour de main de l'ouvrier ; ce sont choses que les mots ne sauraient jamais rendre, et où chacun doit être son propre professeur. L'habileté de nos ouvriers est portée si loin aujourd'hui, qu'ils peuvent trouver leur bénéfice à verser dans le commerce, au prix de 2 francs, des lentilles parfaites qui n'ont pourtant que deux millimètres de diamètre, et qui grossissent souvent jusqu'à 150 fois les dimensions. Mais on conçoit qu'arrivé à ces limites, il serait impossible d'achromatiser une lentille. Du reste, dans les microscopes simples, le défaut d'achromatisme n'a nullement la même importance que dans les microscopes composés.

415. Jusqu'à présent le beau verre blanc a eu le privilége exclusif de fournir à la vision la substance des lentilles réfringentes. Ce privilége est dû à la structure moléculaire que la fusion communique à cette substance, plutôt qu'à la supériorité de son *indice de réfraction*. Si l'on trouvait jamais, dans la nature, des substances d'un pouvoir réfringent supérieur, et qui fussent susceptibles de transmettre à l'œil, des images aussi nettes que le fait le verre, il est évident que, quel qu'en fût le prix, les observateurs trouveraient un immense avantage dans leur emploi ; car une simple lentille de ce genre serait dans le cas d'atteindre le pouvoir grossissant de nos microscopes composés. Aussi, depuis certain nombre d'années, les opticiens se sont-ils mis à la recherche de ces substances susceptibles d'être travaillées en lentilles réfringentes. En 1827, Pritchard, sur l'invitation de Varrey et Goring, construisit le premier des lentilles de pierres précieuses, dont les physiciens anglais vantèrent les avantages, la dernière substance employée par l'artiste leur paraissant toujours produire des effets supérieurs aux précédentes. Les savants de notre académie, qui, à cette époque, si nous avons le droit de dire toute la vérité, n'étaient rien moins que compétents en fait de microscope, nos savants physiologistes reçurent, avec leur enthousiasme accoutumé, l'annonce de cette heureuse application ; mais ils se montrèrent moins empressés de consacrer quelques bribes des fonds Montyon à l'importation du procédé anglais ; et Pritchard continua à être le seul constructeur des *lentilles précieuses*. Ceux qui, à cette époque, préconisaient la puissance de la beauté, en fait de construction de microscope, et qui mesuraient le mérite d'une observation microscopique sur ce qu'ils appelaient si solennellement la *richesse de l'instrument*, ceux-là, dis-je, n'eurent pas même la pensée de se procurer l'une de ces lentilles, dont la puissance et la richesse supérieures devaient pourtant, d'après leurs principes, exercer une influence si utile sur le mérite justement contesté de leurs observations. Une lentille de diamant ne coûtait que 250 à 500 fr., une lentille de saphir que 50 à 150 fr., ce qui est une obole pour nos savants à 60,000 livres de rente. Aussi la difficulté n'était pas dans le prix élevé, mais plutôt dans une condition que le constructeur, pour ne point s'exposer à éprouver de rebut, imposait à l'acheteur ; elle consistait à prendre la lentille dans le tas et au hasard, sauf à en acheter une autre aux mêmes conditions, dans le cas où le hasard aurait trahi son choix. Car, avec quelque adresse et quelque habileté que l'artiste s'appliquât à travailler la lentille, il n'en arrivait pas moins, disait on, que toutes n'étaient pas de même qualité, en sortant du même moule. C'est là l'excuse dont se payèrent les premiers acheteurs, qui tous se trouvèrent avoir rencontré des chances défavorables ; en sorte que l'enthousiasme se ralentit, et que la fabrication cessa complétement en Angleterre ; en 1835, il ne restait à l'ingénieux artiste anglais qu'une seule lentille, qu'il ne voulait pas céder, bien résolu qu'il était de ne plus en construire d'autres.

416. Mais voilà que dans un voyage en Angleterre, Arago, qui jusque-là avait fait profession d'incompétence au microscope, quoique pourtant il ne laissât jamais passer l'occasion de protéger de son autorité, dans les séances de l'Académie, les micrographes ses amis, Arago se prit d'un zèle tout nouveau pour la propagation des lentilles de diamant ; et de retour dans le sein de l'Académie, le 27 février 1835, il obtint de ses collègues, à l'unanimité, qu'il serait alloué une somme de 1,200 fr. à l'un de nos plus habiles fabricants de lentilles, à Bouquet, pour l'établissement d'un tour sur le modèle de celui de Pritchard, et pour l'importation en France d'une branche de commerce dont les Anglais ne voulaient plus (*). Avant ce vote, avait-on pris la peine de vérifier, par l'observation di-

(*) Voyez le Bulletin scientifique et industriel du *Réformateur*, n. 139, 146, 152, 153, 170, 171, 195, et surtout 247.

recte, le mérite des lentilles de diamant? Avait-on évalué les frais de construction d'un tour? Avait-on ouvert la plus petite enquête? On procéderait avec cette rigueur à l'Académie, s'il s'agissait d'encourager les efforts d'un fabricant qui n'aurait d'autre recommandation que celle de son talent; mais ces sortes de formalités sont inutiles, lorsqu'il s'agit d'un fabricant recommandé par un savant académicien.

417. Or, jugez de la puissance originelle des fonds Monthyon. Le 4 mars suivant, c'est-à-dire huit jours après, deux fabricants non protégés, Trécourt et Georges, déjà connus par la construction d'un microscope estimé, se présentent à la barre de l'assemblée avec trois lentilles, l'une en diamant, l'autre en saphir, et l'autre en rubis, qu'ils venaient d'achever, sur un tour dont la construction n'avait pas huit jours de date. Vous pourriez croire que le désappointement de l'Académie se traduisit en remercîments; non, ce fut avec peine que leur lettre obtint la faveur d'une lecture. Le microscope, sur lequel ces lentilles étaient montées, était placé sur la table du président; il paraît qu'il échappa à la vue des membres du bureau; car Biot déclara hautement que les microscopes n'étant pas joints à la lettre, l'Académie ne pouvait pas s'assurer de l'exactitude des faits annoncés. Il y a plus, il paraît que les membres de l'Académie qui, après la séance, voulurent s'assurer de l'exactitude des faits, avaient tellement l'habitude du microscope, qu'ils brisèrent du premier coup une des lentilles objectives, ce qui nuisait sans doute bien davantage à la vérification des faits. Nos lecteurs auront deviné que, bien qu'ils eussent résolu, comme par enchantement, le problème, Trécourt et Georges ne reçurent rien moins que les 1,200 fr. votés; cette somme était une faveur nominative. Mais, par les détails dans lesquels nous allons entrer, on verra que l'Académie devait plus qu'une faveur à ces deux artistes, qu'elle leur devait une réparation en dommages et intérêts; car c'est sur la foi en l'annonce de l'Académie que Trécourt et Georges avaient cru à la supériorité des lentilles de diamant; c'est sur l'espoir d'un prompt débit qu'ils s'étaient décidés à faire les frais d'un premier établissement (*); l'autorité de l'Académie avait porté un grave préjudice à ces messieurs; les fonds Monthyon étaient là pour réparer le préjudice. Mais il n'entre pas dans les attributions légales d'un corps constitué d'être appelé à se condamner lui-même; dans une affaire où il est partie, les plaignants ont toujours tort.

418. La fabrication des lentilles de diamant présente plus de difficulté qu'on ne l'aurait pensé d'abord. Il faut beaucoup de temps pour amener les surfaces à l'état d'une pureté analogue à celle qui distingue les lentilles de verre. Le tour est d'une rapidité telle, que la roue fait deux cents tours par seconde; le poli donné aux faces au moyen de la poudre de diamant, exige un travail de vingt heures, en sorte que, pour ce seul travail, la lentille a tourné quatorze millions de fois sur elle même. Avant de la polir, ou la taille en sphère, non pas dans un bassin, mais au moyen d'un diamant disposé comme un burin, et que l'ouvrier tient appliqué contre la lentille tournante. C'est à la suite d'une aussi longue série d'opérations que Georges avait obtenu tout d'abord 1° une lentille de diamant de 9 dixièmes de millimètre de diamètre, de 75 centièmes de millimètre d'ouverture, de 1 millimètre de foyer, et partant d'un grossissement linéaire de 220 fois à l'état de simple loupe; 2° une lentille de saphir d'un grossissement linéaire de 255 fois; 3° une lentille analogue de rubis d'un grossissement de 235 fois.

419. Nous avons eu l'occasion d'essayer les lentilles qu'il travailla avec plus de soin encore la semaine suivante, et nous devons déclarer qu'en ce qui est du fait de l'artiste, il est impossible de pousser plus loin le perfectionnement de cette fabrication, et d'obtenir en moins de temps de plus beaux résultats. Mais il existait un obstacle contre lequel toute l'habileté de ces ingénieux fabricants devait échouer, et qui devait condamner d'aussi riches produits au simple rôle de ces objets de luxe, dont la difficulté vaincue fait tout le prix; nous voulons parler de la structure cristalline des pierres précieuses.

420. Sans doute le diamant, à courbure égale, grossit trois fois plus que le verre, en sorte que le microscope simple, avec la seule lentille de diamant d'une ligne de foyer, serait dans le cas de grossir autant que nos meilleurs microscopes. Mais le verre a, sur les pierres précieuses, la supériorité de la fusion sur la cristallisation (**); il donne, toutes choses égales d'ailleurs, des images infiniment

(*) La dépense faite par ces messieurs s'élevait, en tout, à 300 francs.

(**) Toutes les substances diaphanes qui s'organisent en globules, en se solidifiant, rivalisent, sous ce rapport, avec le verre; les liquides seuls leur seraient préférables, si les courants déterminés par l'inégale distribution de la chaleur, n'y produisaient des stries mouvantes, qui font varier à l'infini les altérations de l'image.

Digitized by Google

plus nettes, et rien, pas même l'énormité du grossissement, ne saurait compenser la netteté de l'image, car rien ne saurait compenser la vérité. Or, sans parler ici des doubles images que transmet le diamant, si l'on n'a pas eu soin de le tailler parallèlement à l'axe; sans parler des raies qui se rencontrent si souvent comme tout autant de pailles dans l'eau de quelques échantillons, la burin de l'artiste rencontre, dans la révolution de la lentille, trois arêtes rayonnantes qui présentent à la pression une compacité plus grande et se laissent plus difficilement entamer. Ces trois arêtes en étoile ont nécessairement un pouvoir réfringent différent du reste de la substance de la lentille, et partant doivent altérer d'autant l'image des objets. Aussi, sur toutes les lentilles en *diamant, saphir, rubis, corindon*, etc., que nous avons eu l'occasion d'examiner, avons-nous remarqué un certain effet scintillant et laiteux qui trouble la vue, efface les bords des objets, et en rend les contours vagues et indécis, défaut qui augmente encore au microscope composé, et qui n'est certainement pas un de ceux que l'achromatisme serait dans le cas de faire disparaître, alors même qu'il serait possible d'appliquer l'achromatisme à des lentilles d'un si petit calibre et d'une si grande dureté, ainsi que l'avait d'abord imaginé *à priori* le secrétaire de l'Académie. Aussi, dès le jour que nous donnâmes de la publicité à ces observations (*), on renonça complétement aux belles espérances qu'avait fait naître l'annonce académique, et dont le zèle de Trécourt et Georges a été la première victime.

421. Cependant parmi ces lentilles de pierres précieuses, nous en distinguâmes deux espèces, et ce n'étaient pas les plus précieuses, lesquelles nous parurent offrir un genre d'utilité qui ne laisse pas que d'avoir un certain prix; ce sont les lentilles en *grenat* et en *tourmaline verte*. La couleur purpurine des unes et la couleur verte des autres a la propriété non-seulement de compenser les effets de la cristallisation, mais même d'achromatiser l'image, en ce sens que celle-ci apparaît unicolore, et sans irisations; et sous ce rapport les lentilles de tourmaline ont une grande supériorité sur les lentilles de grenat. En outre, en revêtant l'image d'une teinte verte, la tourmaline en dessine les bords d'une manière plus nette, en accuse les détails avec plus de vigueur, et rend apercevables des objets qui se noieraient dans une trop vive lumière, et disparaîtraient par trop de jour, à l'œil le plus clairvoyant. Une lentille de tourmaline dispense donc de l'usage du diaphragme, dont le but est, comme on le sait, de rétrécir le cône lumineux avec lequel on éclaire l'objet. Ajoutez à ce précieux avantage que la tourmaline grossit beaucoup plus que le verre, et qu'ainsi, à courbure égale, on peut obtenir des résultats plus puissants.

422. L'effet spécial provenant de la coloration de la tourmaline, nous a fourni l'idée de faire fabriquer des lentilles en beau verre bleu; et à part le grossissement, nous en avons retiré les mêmes avantages. Les lentilles en verre bleu sont du même prix que les lentilles en verre lilane (412), tandis que le prix des lentilles de tourmaline s'élève jusqu'à 10 fr. Nous nous proposons de remplacer par des lentilles en verre bleu et des lentilles de tourmaline, les objectifs achromatiques du microscope composé; et nous croyons pouvoir espérer que cette application remplira son but. Ce qui nous porte à le croire, c'est que le *crown-glass* anglais dont la couleur est d'une légère teinte verte, produit dans l'achromatisme des effets bien supérieurs au *crownglass* blanc.

423. La tourmaline jouissant, comme le diamant, de la propriété de la double réfraction, si le fabricant n'a pas la précaution de tailler les deux surfaces de la lentille parallèlement aux deux axes, la lentille présente toutes les images doubles et se superposant par la moitié ou le quart, etc. Cet effet a paru surprendre nos plus habiles cristallographes, qui ne pensaient pas que la double réfraction s'étendît jusqu'à de telles limites du clivage. Ce phénomène prouve que la double réfraction, bien loin d'être le fait de l'arrangement des molécules intégrantes du cristal, remonte jusqu'à la combinaison des atomes constituants de la molécule chimique.

424. A la forme lenticulaire des verres grossissants est inhérent un défaut, qui, sans être bien grave, ne mérite pas moins d'entrer en ligne de compte, dans l'évaluation des circonstances d'une observation. Il résulte du mode spécial de réfraction des segments de la sphère que les angles des objets s'arrondissent un peu dans l'image. On a entrevu la possibilité de corriger ce défaut, en ayant recours aux courbures cylindriques; résultat qu'on obtiendrait aisément, en accolant en croix deux lentilles plano-cylindriques (398) par leur côté plat. Mais de cette structure, il résulterait un défaut contraire à celui des lentilles biconvexes; c'est que les lentilles bicylindriques carreraient les images des objets à contour arrondi, comme les lentilles biconvexes arrondissent les images des

(*) *Bulletin scientifique et industriel du Réformateur*, n° 247, 13 juin 1835.

objets à contours anguleux. Défaut pour défaut, l'autre est le moindre; car la difficulté d'obtenir des lentilles bicylindriques en porterait le prix très-haut, et on ne pourrait jamais parvenir à en fabriquer d'un foyer aussi court que celui de nos lentilles objectives ordinaires. Du reste, ce défaut est si peu saillant qu'il faut le signaler pour qu'on s'en aperçoive.

425. Montures du microscope. C'est par la monture seule que les microscopes diffèrent de la loupe, et diffèrent entre eux.

La loupe est une lentille, ou un système de lentilles achromatiques d'un foyer quelconque, dont la monture (pl. 3, fig. 5) est un large cercle d'ivoire, et mieux de corne, qui en déborde les deux faces pour loger l'œil de l'observateur, d'un côté, et écarter de l'autre les rayons lumineux qui ne passeraient pas par le champ de la lentille. Telles sont les loupes des horlogers; on les tient d'une main pour les appliquer contre son œil, et de l'autre, on présente à leur foyer les objets qu'on désire observer soit par réflexion (385), soit par réfraction (389). Afin de conserver la liberté des deux mains, les horlogers placent leur lentille à l'extrémité d'un levier à losanges mobiles, qui se prête à tous les mouvements de va-et-vient, et monte ou descend en glissant, par la douille de l'autre extrémité, contre une tige verticale, à laquelle il se fixe au moyen d'une vis de pression. C'est là un microscope simple, de la forme la plus commode pour la spécialité de l'horloger.

426. Les naturalistes se servent, dans leurs excursions, de *biloupes*, et même de *triloupes*, petits instruments de poche dont la monture, en corne ou en écaille, se compose de deux plaques parallèles, entre lesquelles se logent des loupes d'un foyer différent, qui pivotent par un point de leur circonférence, chacune à l'une des extrémités de la monture, pour en sortir et y rentrer. La lentille qui sert à étudier les objets d'un gros calibre dépasse rarement un pouce de foyer; celle qui permet d'aborder les corps moins aperceptibles à la vue simple, atteint jusqu'à 6 et 4 lignes, au gré de l'observateur.

427. On fabrique encore des loupes composées de deux, et même de trois autres, qui, se logeant dans le même compartiment de la monture, et pivotant à la même extrémité, peuvent, en se superposant, donner un grossissement qui est environ la somme de leurs trois puissances. Toutes ces loupes se portent suspendues à un cordon et se tiennent d'une main, pendant que l'on place à leur foyer, soit immédiatement, soit au bout d'une pince ou d'une aiguille, les petits objets à observer. Mais la vacillation des mains rend ces sortes d'observations incertaines et indécises; il faut avoir bien vu une première fois pour se reconnaître à une indication prise de la sorte au pas de course; ce qui fait que ces sortes de montures ne sauraient servir qu'à ceux qui savent déjà, et jettent inévitablement dans de continuelles perplexités ceux qui apprennent.

428. La fixité de l'objet est la première condition de la vision distincte; de là, dans les sciences de fine observation, la nécessité d'une monture qui permette à l'observateur d'amener et de tenir l'objet aussi longtemps qu'il voudra au foyer précis de la lentille; de là l'importance du microscope simple.

429. Le microscope simple est un instrument composé d'une seule lentille ou d'un système de lentilles qui ne forment qu'une voilé, et d'une monture qui permette de placer et de maintenir au foyer l'objet que l'on observe, et de l'éclairer sous tous les jours possibles. Nous en distinguerons de deux espèces : le microscope simple de voyage, et le microscope de cabinet.

430. Le microscope de voyage se visse, comme une pomme de cuivre, au sommet d'un solide bâton de voyageur, un étui cylindrique en cuivre (pl. 4, fig. 11, *c*) recouvre l'instrument, et se visse sur sa base (*b*) pendant le voyage; lorsqu'on veut se servir de l'instrument, on enlève le cylindre, et le microscope (*m*) se trouve ainsi tout disposé pour l'observation; on n'a pour cela qu'à enfoncer le bâton dans la terre; ou bien, si l'on désirait se servir de l'instrument en se tenant assis autour d'une table ou d'une borne, on dévisserait le microscope (*m*) du bâton, pour en visser la base (*b'*) sur l'ouverture du cylindre qui servait d'abord d'étui, et qui de cette façon sert de support. La lentille (*l*) entre, par un pas de vis, dans un anneau supporté horizontalement sur les deux montants (*m' m'*); le *porte-objet* en verre (*p*) est enchâssé dans un anneau mobile, susceptible de s'approcher et de s'éloigner de la lentille, en tournant au moyen d'un pas de vis, entre les deux montants (*m' m'*), dont les surfaces internes sont taraudées en fractions d'écrou, en sorte que l'on peut de cette manière amener l'objet au foyer de toute espèce de lentilles. Lorsqu'on observe les objets opaques, et par la réflexion des rayons lu-

mineux, on n'a pas besoin de changer l'instrument de sa position verticale; mais s'il s'agit d'un objet transparent, et que l'on désire observer par *réfraction*, on dévisse le microscope, on fixe l'objet contre la *porte-objet* avec une goutte d'eau ou de salive, et on présente le fond du *porte-objet* à la lumière des nuages, la lentille (*l*) étant appliquée contre l'œil. Trois lentilles suffisent pour que cet instrument se prête aux observations les plus délicates, même en voyage : une lentille d'un pouce de foyer, l'autre de six lignes et une autre d'une ligne. Pendant la marche, l'une de ces loupes se loge entre le *porte-objet* (*p*) et la surface de l'extrémité du bâton (*b''*). Pour mettre l'observation à l'abri du vent ou du souffle de la respiration, on entoure le microscope d'un manchon en verre, cylindre ouvert par les deux bouts, d'un diamètre intérieur correspondant au diamètre extérieur du microscope et de la même longueur que la monture.

431. Le MICROSCOPE SIMPLE OU CABINET exige une monture qui se prête, sans déplacement, à des mouvements plus variés; mais, réduite à sa plus grande simplicité, la structure n'en est rien moins que compliquée. Les conditions à remplir sont 1° que le *porte-objet* (*p*) puisse s'avancer au foyer des lentilles les plus faibles comme des plus fortes, et reculer même, quand l'épaisseur de certains objets demande que la porte-objet soit placé à une grande distance; 2° que le porte-lentille (*l*) puisse avancer d'arrière en avant, de gauche à droite, pour en superposer le foyer à l'objet dans toutes les directions du porte-objet (*p*); 3° que le miroir qui doit servir à rendre l'objet visible par transmission des rayons lumineux, soit mobile dans tous les sens, pour prendre le jour d'où il vient et le projeter où l'observation l'exige. Or, dans le temps de mes plus opiniâtres travaux et de ma plus grande gêne, j'ai rempli ces trois conditions avec un succès qui n'a pas été contesté, au moyen d'une tige verticale de laiton, plantée dans un mauvais socle en bois, qui supportait un miroir de même fabrique; le porte-objet glissait contre la tige et s'y fixait par une vis de pression; et le porte-loupe se composait d'une lame de cuivre, terminée d'un côté par une ouverture circulaire, où se plaçait la loupe, et de l'autre par une entaille longitudinale, qui donnait passage à la tige d'une vis de pression, glissait d'avant en arrière contre elle, ou pivotait autour d'elle de droite à gauche, se fixant par la pression de la vis, lorsqu'on avait amené la loupe à la position convenable.

432. Il n'y a pas de doute que la grossièreté de cette construction n'amène une grande perte de temps à sa suite, par la nécessité où l'on se trouve à tous les moments d'avoir recours, pour mettre les pièces à point, aux coups de pouce, auxquels tant d'autres ont recours pour faire concorder les expériences avec leurs prévisions théoriques; mais enfin avec un instrument aussi peu élégant, un esprit philosophique peut arriver à un degré de précision et d'exactitude, qu'entre certaines mains sont loin d'atteindre les plus riches microscopes.

433. Cependant la perte de temps, qui, selon l'expression de Franklin, *est l'étoffe de la vie*, est une perte irréparable, puisqu'il ne nous est pas donné d'allonger notre vie à volonté. Aussi, dans l'intérêt de ceux à qui la nature ou plutôt la bizarrerie de notre ordre social a donné plus d'aptitude que de fortune, je résolus, dès mes premières difficultés, de mettre à la portée de toutes les bourses les avantages d'un microscope simple, élégant et facile, dont le prix, jusqu'à cette époque, s'était maintenu au chiffre des MICROSCOPES COMPOSÉS. Le problème n'était pas aussi aisé à résoudre qu'on le pense; car il s'agissait de rencontrer un opticien qui entendit aussi bien les intérêts de sa fabrication que je prenais les intérêts de la consommation; et, à cette époque, vu le peu d'usage que les savants faisaient du microscope, les opticiens n'avaient rien moins que contracté l'habitude de compter sur l'affluence des petits acheteurs. Enfin il s'en offrit un qui me comprit et qui s'en est fort bien trouvé (*); et le microscope simple, sous la forme la plus élégante et la plus commode, fut mis à la portée de toutes les bourses. C'est l'instrument auquel la reconnaissance un peu exagérée des observateurs a donné mon nom, quoiqu'en cela je n'aie pas eu le mérite d'une découverte, mais seulement celui d'une idée utile. Afin d'éviter les répétitions, nous donnerons la description de cet instrument, en nous occupant des modifications

(*) Deleuil, opticien et balancier des monnaies de France, rue Dauphine, n° 24. C'est dans son établissement qu'on trouvera tous les instruments décrits dans cet ouvrage. Entièrement désintéressé dans cette fabrication, on ne saurait m'accuser de vouloir nuire aux intérêts des autres fabricants; mais la mission que j'ai acceptée d'intermédiaire entre les intérêts des fabricants et ceux des acheteurs, me force à déclarer que je ne donne ma garantie morale qu'aux instruments de ma compétence qui sortent des ateliers de Deleuil. La contrefaçon a vendu, depuis six ans, sous le nom de *microscope simple de Raspail*, des instruments d'une défectuosité telle, qu'il m'est devenu impossible de différer la présente déclaration.

par lesquelles nous venons de le transformer en MICROSCOPE DOUBLE.

434. Les lentilles les plus fortes, dont on puisse faire usage au microscope simple, ne dépassent pas une demi-ligne de foyer, et grossissent alors jusqu'à 150 fois le diamètre de l'objet, ou 22,500 fois sa surface, puissance ampliante qui peut faire voir, sous de moindres dimensions, mais d'une manière peut-être plus distincte, les objets que l'on soumet aux plus forts grossissements des MICROSCOPES COMPOSÉS. Nous avons maintenant à faire comprendre en vertu de quelles combinaisons optiques une association de lentilles élève le MICROSCOPE SIMPLE à la puissance du MICROSCOPE COMPOSÉ.

435. THÉORIE DU MICROSCOPE COMPOSÉ. La spécialité du microscope composé est d'augmenter le grossissement par la combinaison de plusieurs lentilles, d'agrandir le champ de la vision en augmentant le grossissement, ce qui est l'inverse dans le microscope simple, enfin (par un avantage entièrement mécanique, mais souvent d'un grand prix dans les expériences de la nouvelle méthode), de tenir l'œil de l'observateur à une grande distance du *porte-objet*, d'où se dégagent des vapeurs nuisibles, ou sur lequel on a besoin d'appuyer les mains pour diriger la marche de l'observation. La fig. 12, pl. 4, nous servira à mettre dans tout son jour la théorie de ces résultats.

436. Soit, en effet, le petit cristal d'oxalate de chaux (*ee'*), trop petit pour être distingué à la vue simple : si nous interposons entre lui et notre œil une lentille biconvexe (402) dont on voit le profil en *ff*, et que nous éclairions par réfraction le cristal, en faisant passer à travers sa substance les rayons réfléchis par les nuages, ou par la surface d'un miroir ; il arrivera nécessairement que le rayon (*a*), qui tombera perpendiculairement sur la tangente de l'axe de la lentille, se confondant avec l'axe lui-même, traversera le verre et en sortira sans la moindre déviation (392), continuant sa route en ligne droite à l'infini. Quant aux rayons parallèles, au contraire, émanés de tous les autres points du cristal, et qui arriveront à droite et à gauche de l'axe sur la lentille, comme ils tomberont obliquement sur les diverses tangentes de la lentille (396), ils subiront une réfraction dont l'indice sera donné par la courbure des surfaces (401), et par le rapport du pouvoir réfringent du verre de la lentille à celui de l'air (396). Les deux rayons *ee'*, qui partent des deux extrémités du cristal, et par lesquels nous représenterons la marche générale de tous les rayons obliques, par suite des deux réfractions qu'ils auront à subir, en entrant dans le verre et en sortant, prendront la direction convergente (*f'f*) et viendront se rencontrer sur la direction du rayon (*a*) en (*j*). Ce point est le foyer de la lentille. Si l'œil de l'observateur se place à ce foyer, il verra l'image du petit cristal dans le prolongement non des rayons (*ej* et *e'j*), mais bien dans celui des deux rayons (*jg*, *jG*), c'est-à-dire sous l'angle visuel (*gjG*), d'après les expériences que nous avons exposées ci-dessus (397). L'image du petit cristal se sera, de la sorte, agrandie proportionnellement à la distance, à laquelle la comparaison des objets que nous apercevons de l'autre œil et à leur distance naturelle, nous amènera à rapporter les images produites par la réfraction.

437. Mais les rayons lumineux suivent leur direction à l'infini, s'ils ne rencontrent pas d'obstacle sur leur route. Arrivés au foyer de leur rencontre (*j*), les rayons (*ej* et *e'j*) se croiseront, de manière qu'à la hauteur (*dd*), le rayon (*e'*) qui est parti de la droite du petit cristal se trouve à la gauche, et que le rayon (*e*) qui est parti de la gauche du même se trouve à la droite, mais que le rayon (*a*), qui suit sa route sans déviation, soit toujours à une égale distance de l'un et de l'autre. Or, si je place mon œil à ce point, je recevrai nécessairement par la vision une image renversée du cristal ; mais comme à cette distance le petit diamètre de ma pupille ne laissera pas accès à un cône lumineux aussi épanoui que celui qui est tracé sur la figure, il s'ensuivra qu'au lieu d'une image agrandie, je recevrai une image moindre du cristal, que je croirais voir se dessiner sur la surface même de la lentille, ainsi que sur un écran.

438. Si au contraire j'oppose à ce rayon une nouvelle lentille plano-convexe, dont (*dd*) offre le profil, et d'un diamètre tel qu'à ce point elle soit capable de recueillir tous les rayons qui peuvent convenir à la netteté de l'image, une nouvelle réfraction ramènera à la convergence tous ces rayons divergents, et les rayons (*ee'a*) viendront se rencontrer au foyer de la lentille (*dd*) que nous supposerons en (*b*). Que si l'œil de l'observateur se place en (*b*), il verra l'image dans le prolongement des rayons (*be'* et *be*), c'est-à-dire, par rapport à la première image (*gjG'*), il la verra formant la base (*Hh*) du triangle (*Hbh*). Mais alors l'image sera renversée, c'est-à-dire que la base du cristal (*e'*) qui se voyait en (G), lorsque l'œil se plaçait au foyer (*j*), se verra en (H) quand

l'œil se placera au foyer (*b*); et que la pointe du cristal (e), que l'œil voyait en (*g*), en se plaçant au foyer (*f*), se verra en (*h*), lorsque l'œil se placera au foyer (*b*).

439. Que sur la route des rayons convergents (*a b* et *ab*) et en deçà du foyer de la lentille (*dd*), l'on dispose parallèlement une lentille biconvexe (*cc*); une troisième réfraction, augmentant la convergence des rayons, placera le foyer de l'image en (*a'*); si l'œil de l'observateur se substitue à ce foyer, il percevra l'image sous un angle d'une plus grande amplitude; et si, par la comparaison des objets extérieurs, il la rapporte à la même distance, à la base du triangle (*ta'i*), elle aura été grossie par cette troisième réfraction, dans le rapport de (*li*) à (*Hh*). L'image n'en sera pas moins renversée, tant que cette troisième lentille (*cc*) rencontrera les rayons réfractés par la deuxième (*dd*), avant leur convergence au foyer.

440. Que si au contraire la troisième lentille était placée au delà du foyer (*b*), il s'ensuivrait qu'elle redresserait l'image, par le même mécanisme que la lentille (*dd*) l'avait renversée; mais ce ne serait le plus souvent qu'aux dépens de la netteté de l'image et qu'à ceux du grossissement.

441. Quoi qu'il en soit, tout étant ainsi disposé, le plan qui soutient le petit cristal (*ee'*), se nomme le *porte-objet* du microscope. La lentille la plus proche (*ff'*), se nomme *lentille objective* ou simplement *objectif;* le système de deux lentilles (*cc* et *dd*) se nomme *oculaire* ou *système* des *oculaires.*

442. Le premier avantage de la spécialité du *microscope composé*, c'est le grossissement de l'image; c'est-à-dire l'ampliation *artificielle* de l'angle visuel, qui rend aperceyables des objets, lesquels, à cause de leurs petites dimensions, n'envoyaient à nos yeux les rayons lumineux que sous un angle trop aigu pour être apprécié par l'organe de la vue.

443. Le second avantage est l'agrandissement du champ de la vision, avantage qui nous permet de voir à la fois un plus grand espace du porte-objet, et un plus grand nombre d'objets à la fois; il est dû à ce que, par suite des aberrations de réfrangibilité et de sphéricité (404), les seuls rayons qui concourent à la netteté de l'image, lorsqu'on se sert d'une seule lentille à court foyer (403), sont ceux qui passent le plus près de l'axe de la lentille, c'est-à-dire de la ligne qui est sans réfraction (392). On supprime les autres au passage, dans les microscopes simples, au moyen d'un diaphragme métallique dont l'ouverture est en raison inverse du grossissement; ce qui fait qu'on voit peu d'objets à la fois par ces sortes de lentilles, et que l'œil habitué à ne rencontrer d'autres limites à la vision que celles de l'horizon lui-même, éprouve une fatigue pénible à regarder la nature par un aussi petit trou. Mais en recueillant, à une certaine distance, le cône lumineux, qui s'épanouit à l'infini au delà du foyer de la petite lentille, cette seconde réfraction a pour objet d'offrir des angles d'incidence favorables, aux rayons qui, au premier foyer, appartenaient à la zone des aberrations de réfrangibilité et de sphéricité, de leur donner à tous une identique convergence, de les utiliser enfin pour la vision. Le champ visuel sera dès lors d'autant plus agrandi que la seconde lentille utilisera plus de zones concentriques à l'axe de la première lentille. La troisième lentille ajoute encore à la puissance de cet effet, tout en ajoutant à celle du grossissement.

444. Quant au troisième avantage, qui consiste à tenir l'objet à une distance convenable de l'œil de l'observateur, il n'a pas besoin d'être démontré; il s'évalue par la longueur du tube du microscope.

445. Monture au microscope composé. Si l'on se contentait de tenir l'objet, et les trois lentilles dont nous venons de nous occuper, à leurs distances respectives, les rayons émanés directement de l'objet (*ee'*) seraient traversés, sur tout leur passage, par tant de rayons émanés de la réflexion des corps ambiants, que l'image du cristal se fondrait, pour ainsi dire, dans cet océan de lumière, et serait perdue pour la vision. La première condition de la monture d'un microscope composé est donc d'écarter tous les rayons lumineux, qui seraient dans le cas de nuire à la vision; on obtient ces résultats au moyen d'un tube, dans l'axe duquel on dispose parallèlement entre elles les diverses lentilles. Mais un pareil tube tenu à la main rendrait, par ses vacillations, l'observation d'autant plus difficile que le grossissement serait plus fort; il a fallu songer à fixer l'objet et le tube, de manière à les amener l'un et l'autre à la distance favorable; de là l'origine du porte-objet, qui permet de faire avancer ou reculer, d'un millième de millimètre et moins, l'objet qu'on soumet à l'observation microscopique. Enfin, une troisième condition à remplir, dans la construction de tout microscope composé, consiste à donner les moyens d'éclairer l'objet qu'on observe, non-seulement dans tous les sens, sous toutes les inclinaisons, par réflexion et par réfraction, mais

encore de concentrer la lumière sur le champ visuel avec le degré d'intensité qu'exige la nature de l'objet; les miroirs réflecteurs avec leurs accessoires remplissent cette condition. Ces trois systèmes de pièces sont coordonnés, au moyen d'une tige verticale qui leur sert à toutes de pivot. Nous allons traiter de chacun de ces systèmes de pièces avec quelques détails.

446. Tube du microscope. Le tube d'un microscope composé (pl. 5, fig. 1 *tu*) est un cylindre qui varie dans ses dimensions, selon la courbure des lentilles et le genre de leurs combinaisons; il se termine en un cône (*ob*) par l'extrémité qui doit recevoir le système des *objectifs* (441). Le système des *oculaires* est placé à l'autre extrémité (*oc, oc'*). Il est facile de concevoir qu'à la faveur de cette forme du tube, l'artiste n'a pas besoin de faire de grands efforts pour parvenir à *centrer* les *lentilles objectives* et *oculaires*, c'est-à-dire pour les disposer de manière que le centre de toutes se trouve dans l'axe du tube; le tour, en effet, est un compas qui découpe et polit en même temps. Cependant la *centration* du microscope est un point essentiel et qui demande toute l'attention d'un ouvrier habile, la moindre déviation de l'axe d'une lentille étant capable d'altérer l'image.

447. Ce résultat obtenu, on place, devant chaque lentille, un diaphragme, dont le diamètre ne laisse parvenir, à la surface du verre, que la masse de rayons capables de s'y réfracter sous des angles utiles à la vision (404); ainsi le tube du microscope possède trois diaphragmes, l'un à l'objectif (*ob*) qui adhère nécessairement à la surface de cette lentille; l'autre (*d*), en face et à une certaine distance du premier oculaire (*oc*), et l'autre (*d'*), enfin, au foyer de l'oculaire externe (*oc'*). Le cône lumineux, qui émane de l'objet à observer, est donc rogné trois fois avant de transmettre l'image à l'œil de l'observateur, parce que trois fois on a dû le forcer à ne traverser que le champ de la lentille, qui donne le moins d'aberrations de réfrangibilité et de sphéricité (405).

448. Dans un microscope composé, l'image se trouvant à la base d'un cône indéfini, dont l'objet est le sommet (437), il est évident qu'on n'aura qu'à s'éloigner de l'objet, pour grossir l'image, sans modifier en rien le système des oculaires ni celui des objectifs. C'est dans cette vue qu'on dispose le système des oculaires à l'extrémité d'un tube (*tu'*), qui rentre à frottement dans le tube externe (*tu*), et qui permet de doubler, ou au moins d'augmenter d'un tiers la distance de l'oculaire à l'objectif. Le second diaphragme (*d'*) est placé à la base de ce tube interne. Mais il est évident également que l'ouverture de ces diaphragmes restant invariable, la quantité de lumière qui parvient aux oculaires, lorsque le tube interne est tiré, sera moindre que lorsque le tube sera rentré; qu'en conséquence l'image obtenue par ce procédé doit être d'autant moins éclairée qu'elle sera plus grossie. De là vient que cet avantage se renferme dans des limites très-bornées; car le grossissement le plus exagéré ne saurait en aucune manière compenser le défaut de clarté.

449. On a soin de noircir toutes les parois intérieures des diverses pièces du tube, afin d'absorber les rayons lumineux qu'on a écartés par les diaphragmes, et dont la réflexion ne manquerait pas de contrarier la marche de la réfraction des rayons utiles, si l'on n'avait pas recours à cette précaution.

450. L'œil de l'observateur, qui est à son tour une puissante lentille, doit avoir son diaphragme et son tube, comme toutes les lentilles de verre dont nous venons de parler; car, par les mêmes raisons, il est nécessaire de le préserver, et des rayons réfractés qui nuiraient à la netteté de l'image, et des rayons de la lumière atmosphérique dans lesquels celle-ci s'effacerait; c'est pourquoi l'on a soin de creuser en demi-sphère le porte-oculaire (*oc'*), dans lequel l'œil doit se loger, et d'en noircir la surface.

451. On a dû remarquer qu'au lieu du mot d'*objectif*, nous nous sommes constamment servi de celui de *système des lentilles objectives*. C'est que, dans le but de pousser aussi loin que possible les avantages de l'*achromatisme* (405), on associe aujourd'hui trois lentilles achromatiques ensemble, en les rapprochant autant que l'on peut; on les visse par leur monture l'une au bout de l'autre, de manière qu'il est loisible de n'en employer que deux ou une, si l'on a besoin de tenir l'objet à une assez grande distance du verre, la distance étant en raison inverse du grossissement, et le grossissement étant en raison directe du nombre des lentilles qui entrent dans le système des objectifs. Mais on remarque alors que l'*achromatisme* aussi est en raison directe du nombre des lentilles, en sorte qu'avec une seule il n'est pas rare de voir l'image s'entourer de quelques irisations; inconvénient dont on tient facilement compte dans l'observation.

En conséquence, il entre aujourd'hui dans la construction de tout microscope cinq lentilles, dont trois ou moins sont achromatiques, c'est-à-

dire composées chacune de deux autres, ce qui en porte réellement le nombre à huit.

452. Le PORTE-OBJET du microscope est une platine en cuivre (*pl*), ouverte au centre, pour laisser passer la lumière, et susceptible d'avancer ou de reculer au moyen d'un mécanisme particulier. L'axe des lentilles objectives est toujours perpendiculaire au porte-objet. La platine doit être assez forte pour supporter le poids des mains qui disséquent, et assez large pour que rien ne gêne les mouvements de la dissection ou de la manipulation chimique. L'ouverture circulaire est corrodée de manière à recevoir une lame de verre de même diamètre, sur laquelle on dépose les objets à observer. Tout ornement étranger doit être exclu de la construction de la platine; car les ornements qui flattent la vue, blessant les mains; et dans l'estime de l'observateur, rien n'est joli, comme ce qui est simple et commode.

453. MIROIR. Les pièces destinées à éclairer l'objet sont, dans un microscope composé, de ces sortes d'accessoires, dont l'imperfection annulerait tout le mérite du principal. Bien des microscopes ne sont défectueux que par le vice des procédés au moyen desquels on les éclaire.

On éclaire les objets opaques par *réflexion*, et les objets transparents par *réfraction;* les premiers, en faisant tomber la lumière sur la surface de l'objet qui est tournée vers l'objectif; les seconds, en projetant la lumière sur la surface opposée; les uns en éclairant leur superficie, les autres en éclairant leur intérieur.

454. *Miroirs réfracteurs.* Ce sont des miroirs en glace (*m*), qui tournent par leur diamètre à l'extrémité des deux branches (α) d'un demi-cercle, qui lui-même se fixe au bout d'une tige, susceptible de tourner sur son axe; celle-ci est terminée par un anneau, qui glisse contre la tige du microscope, et permet de rapprocher ou d'éloigner à volonté le miroir du porte-objet. Les miroirs plans ne projetteraient pas assez de lumière sur l'objet, lorsqu'on se sert de la lumière des nuages ou de celle d'une lampe; les miroirs concaves en projetteraient trop, et rendraient l'objet méconnaissable, en concentrant sur lui les rayons solaires; on a donc pris le parti de réunir les deux dans la même monture, le *miroir plane* et le *miroir concave* étant appliqués dos à dos Le rayon de courbure (414) du miroir concave doit être d'autant plus court, que l'on vise à des grossissements plus forts, et que le tube du microscope est d'un plus petit diamètre. C'est par des tâtonnements qu'on arrive à trouver la courbure la plus convenable à la vision, dans la construction d'un microscope : c'est un point essentiel à déterminer.

455. Mais de même que les rayons émanés de l'objet, qui tombent sur la surface d'une lentille, ne sont pas tous d'une utile réfraction, de même les rayons qui arrivent du miroir sur l'objet, ne sont pas tous propres à en donner l'image la plus nette. Le faisceau dont on l'éclaire doit toujours être en rapport avec sa transparence; la trop grande lumière rendant invisibles les uns en les débordant, comme l'obscurité les autres. Le *porte-objet* a donc dû aussi avoir son diaphragme (*dd*); c'est une lame de métal percée de trous d'un diamètre variable, et que l'on place à une certaine distance du porte-objet; on peut retrancher de la sorte, du cône lumineux, autant de zones que l'exige la netteté de l'image. Car pour voir un objet, il ne faut jamais que la lumière, qui arriva à notre œil du milieu ambiant, soit beaucoup plus forte que celle qui nous est transmise par l'objet lui-même; l'une, en effet, envahirait la vision, aux dépens de l'autre.

456. *Miroirs réflecteurs.* Dans les anciens microscopes, on vissait, à l'extrémité du tube des objectifs (*ob*, fig. 1, pl. 5), une calotte perforée au centre, revêtue d'une feuille d'argent poli sur sa surface concave, laquelle était tournée du côté de l'objet; c'était un miroir destiné à concentrer de haut en bas, sur l'objet, ceux des rayons transmis de bas en haut par les miroirs dont nous venons de parler, qui débordaient l'objet opaque, lequel était supposé au foyer du miroir réflecteur. Mais avec quelque soin qu'on exécutât ces sortes de pièces, non-seulement il était impossible de déterminer rigoureusement leur foyer, mais encore, alors même qu'on aurait atteint ce but, les objets opaques ayant une épaisseur variable sur toute l'étendue de leur surface, il arrivait qu'un point étant plus éclairé qu'un autre, et que tel autre se trouvant dans la plus complète obscurité, l'emploi d'un miroir réflecteur, au lieu de profiter à l'observation, devenait une source inépuisable d'illusions d'optique. Ensuite la structure de ces miroirs ne permettait pas de les appliquer aux forts grossissements, à ceux que donnent les lentilles d'un foyer court; et quant aux grossissements faibles, qui permettent de voir l'objet à une assez grande distance de la lentille, la lumière des nuages les éclaire bien mieux que ne feraient ces sortes

d'appareils; aussi paraît-on en avoir complétement abandonné l'usage; on les a remplacés par des prismes à surfaces courbes, ou mieux par des lentilles convexes, à monture mobile dans tous les sens, pour prendre la lumière dans tous les azimuts, et la concentrer par convergence sur les objets opaques.

457. Telle est la structure du microscope composé, réduit à sa plus simple expression, et muni des pièces indispensables à son usage. Quant aux modifications que les observateurs ont apportées à la monture, depuis son invention jusqu'à nos jours, elles sont presque innombrables; et toutes avaient également leur utilité et leur désavantage, ce qui faisait que les fabricants attachaient peu d'importance aux différences, tant que l'emploi du microscope fut limité aux démonstrations des cours de physique ou aux observations de *micrographie*, telles que l'histoire naturelle les admettait pour sa nomenclature. Mais tout cela a dû changer alors qu'une nouvelle méthode a reculé les bornes de l'application de cet instrument; il a fallu une nouvelle monture pour de nouveaux procédés, de nouvelles pièces pour de nouveaux usages. Il a fallu remplacer la richesse, qui ajoute aux amusements des amateurs, par la solidité que réclame une manipulation journalière; les effets des détails par l'harmonie et la simplicité de l'ensemble; et, ce qui n'était pas le point le plus facile à résoudre, amener le fabricant à fournir tout cela à un prix, qui permît de faire passer l'instrument, du cabinet des curieux dans le laboratoire du plus modeste travailleur.

458. Nous allons décrire la forme à laquelle nous nous sommes arrêté, pour remplir ces conditions, dans l'intérêt de la nouvelle méthode, dont ce livre est consacré à donner l'exposition.

MICROSCOPE DOUBLE.

459. Ce microscope, réunissant, sur la même monture, le microscope simple et le microscope composé, se prête à tous les genres de grossissements, et suffit à toutes les observations d'anatomie, de physique, et de chimie microscopique. La fig. 1. pl. 5, le représente monté sur sa boîte, et muni de ses pièces principales.

460. La boîte (*b*), en bois de noyer verni, a 29 centimètres de long, sur 21 de large, et 7 de hauteur environ. Le tiroir (*tr*) s'ouvre sur un des petits côtés; toutes les pièces du microscope y sont disposées par numéros répétés sur la pièce et sur la place qu'elle occupe; une instruction pratique, dont un exemplaire est joint à chaque instrument, indique dans quel ordre chacun de ces numéros doit prendre rang, lorsqu'on veut monter le microscope. Le couvercle est fixe, et sert de support à l'instrument, ainsi que de point d'appui à la main du dessinateur. Les dimensions du microscope sont telles, qu'en le plaçant avec sa boîte sur une table ordinaire, l'oculaire (*oc'*) se trouve à la hauteur de l'œil de l'observateur assis, et qu'on n'éprouve pas la moindre gêne à voir et à dessiner en même temps, ce qui est un avantage précieux pour la commodité de l'observation et pour la santé de l'observateur.

461. A l'opposé de l'ouverture du tiroir, et sur le bord du couvercle, s'insère la tige cylindrique du microscope (*tg*) par le pivot de sa base, dans une douille en cuivre, dans laquelle elle peut tourner sous tous les sens, pour permettre de prendre le jour dans tous les azimuts, et d'amener le porte-objet dans toutes les directions que l'on juge les plus favorables à l'observation, sans avoir à changer la boîte de place. Cette tige est longue de 15 centimètres environ. La vis de pression (*v*) sert à fixer le pivot dans sa douille, une fois que la tige a été tournée dans le sens du jour favorable. Le motif qui a déterminé la position du microscope sur le bord de la boîte, au lieu du milieu, qu'indique la symétrie, pourra être plus facilement apprécié, lorsque nous aurons à nous occuper de l'art de mesurer les objets microscopiques, et surtout des procédés pour observer les phénomènes intimes de l'ébullition. Mais on comprendra, dès à présent, qu'en le reléguant au bord opposé à l'ouverture du tiroir, on laisse au dessinateur une plus grande surface, et que l'on peut par là donner au tiroir des dimensions plus grandes, et en rendre plus faciles les mouvements.

462. La tige est brisée vers sa base (*br*), pour être renversée, lorsqu'on désire observer les objets non verticalement, mais horizontalement.

463. Elle supporte trois systèmes de pièces essentielles: 1° la monture du miroir (*m*); 2° celle qui sert à faire mouvoir le porte-objet (*pô*); 3° enfin l'appareil destiné à amener le système optique au-dessus de l'objet à observer.

464. Ce dernier appareil se compose d'un levier horizontal (*lv*), qui pivote, dans la tige du microscope, à la faveur d'un cylindre vertical (*p*), pour amener au besoin le tube du microscope sur tous les points de la circonférence, dont ce pivot est le centre. Ce levier sert de fourreau à un levier interne (*lv'*), que le jeu du bouton (*bt*) fait entrer

et sortir à volonté, pour porter d'arrière en avant et ramener d'avant en arrière, la monture qui sert à fixer à son extrémité libre la loupe ou le tube du microscope.

465. L'appareil du porte-objet se compose d'un fourreau qui engaine la tige, et qui est susceptible de monter et de descendre par le jeu du bouton (*b*), au moyen duquel on fait tourner l'extrémité dentée d'un pignon, qui s'engrène dans une crémaillère fixée sur la surface de la tige (*tg*). Ce fourreau est terminé à son extrémité supérieure, par une queue d'aronde (*ar*) solidement soudée à angle droit, et dans laquelle s'introduit à frottement le manche de la platine horizontale (*pl*), sur l'ouverture de laquelle se placent les *porte-objets*.

466. Cette platine (fig. 3) est une lame de cuivre jaune, en carré long, à surface unie, à bords arrondis, de 8 centimètres de long sur 6 environ de large, et percée, sur le milieu de son aire, d'une ouverture circulaire de 4 centimètres environ de diamètre, recevant dans un rebord la lame circulaire de verre qui sert de *porte-objet*. Avec cette disposition, comme on le voit, le *porte-objet* reste fixe pendant toute la durée de l'observation ou de la dissection ; et c'est en faisant mouvoir de gauche à droite, et d'avant en arrière, le levier horizontal du microscope (464), que l'on cherche l'objet de l'observation même ; ce qui procure l'avantage de pouvoir soumettre à tous les genres de grossissements le même corps sans le déplacer, la même membrane sans en plisser la surface, la même face d'un objet sans la changer de jour.

467. Mais cet avantage inappréciable serait détruit par le seul fait, si le diaphragme (455), qui sert à diminuer le volume du faisceau destiné à éclairer l'objet, était fixe, comme dans les microscopes ordinaires, et ne permettait à la lumière que d'arriver au centre du porte-objet. Nous avons donc dû adopter, pour ce nouveau microscope, un diaphragme (*dd*) d'un mécanisme tout particulier, qui permît à la lumière projetée par le miroir (*m*), de suivre tous les mouvements de l'objectif, et de se trouver toujours sur son axe.

468. Ce diaphragme (fig. 4) est formé de deux lames noircies, horizontales, arrondies d'une manière uniforme, susceptibles de tourner, par une gaine commune (*g*), autour d'une tigelle verticale (*pv*), qui est fixée au-dessous du manche de la platine (*pl* fig. 1 et fig. 3). L'une des deux lames est percée d'une ouverture longitudinale (*ov*), large de 5 millimètres environ, qui part de la gaine, et se dirige vers le milieu de la circonférence. L'autre lame, au contraire, est percée de neuf ouvertures circulaires (*ov'*) de près de 5 millimètres de diamètre, disposées sur un arc de cercle qui part d'un côté de la gaine (*g*), et se dirige vers l'une des extrémités de la lame. A la faveur des deux boutons (*bb'*), il est facile de faire pivoter les deux lames, en sens inverse l'une de l'autre, autour de leur gaine (*g*), qui leur sert de centre, et d'amener successivement toutes les ouvertures circulaires (*ov'*), dans le plan de l'ouverture longitudinale (*ov*). On conçoit facilement que, par ce simple mécanisme, on peut amener la lumière sur chaque point du *porte-objet*, en conservant dans l'ombre tous les autres. On diminue ensuite ou l'on augmente le volume du faisceau lumineux, en approchant ou en reculant ce diaphragme de la platine, au moyen de la gaine qui glisse à frottement contre le pivot vertical (*pv*) de la platine (fig. 3).

469. Si l'on trouvait que, malgré la faible ouvertore des trous de ce diaphragme, la lumière déborde un peu l'objet, on corrigerait ce mauvais effet, en se servant d'un petit cône noirci à deux ouvertures inégales, dont la plus grande s'adapterait, à baïonnette, dans celui des trous du diaphragme par lequel on projette la lumière sur le porte-objet.

470. La monture du miroir (*m*) a dû subir à son tour une modification analogue, c'est-à-dire ayant pour but d'amener l'axe du cône lumineux, perpendiculairement à toutes les positions que le corps observé est dans le cas d'occuper, sur l'aire du *porte-objet* en verre. A cet effet, la tige horizontale qui supporte le miroir, se coude en (*cd*), de manière qu'en faisant tourner la gaine (*g'*) autour de la tige à laquelle la fixe pendant le repos la vis de pression (*v*), on raccourcit ou l'on allonge la distance à laquelle on veut placer le foyer de la glace concave du miroir. La gaine (*g'*) de la monture de cet appareil peut monter ou descendre contre la tige du microscope, mouvement qui ajoute à l'effet du mouvement de bas en haut du diaphragme (468) et permet d'augmenter ou de diminuer à volonté le volume du faisceau par lequel on cherche à éclairer l'objet.

471. Cette disposition générale étant une fois bien conçue, on peut transformer cette monture en celle d'un microscope simple ou d'un microscope composé, au moyen de deux petits corps de rechange, que nous désignerons, l'on par le nom de *porte-loupe*, et l'autre par celui de *porte-microscope*.

472. Le porte-microscope (fig. 2, pl. 3) est un large anneau soudé, par l'une des extrémités de

son diamètre, à une queue d'acier carrée (*q* fig. 2) qui entre à frottement dans l'extrémité du levier horizontal (*lv'*, fig. 1), et s'y fixe par une vis de pression (*v'*); à l'autre extrémité du même diamètre, il s'ouvre et se prolonge en deux lames parallèles, qui s'éloignent ou se rapprochent au moyen de la vis de rapprochement (*v*, fig. 2), ce qui lui permet d'embrasser étroitement le tube vertical du microscope composé, de la manière que représente la fig. 1.

473. Mais qu'on remplace ce large anneau par le porte-loupe (fig. 5, pl. 5, *pl*), et dès ce moment, on aura un *microscope simple*; les *porte-lentilles* (*ptl*) se vissant dans son ouverture circulaire; la queue (*q*) se fixant à l'extrémité du levier horizontal (*lv'*, fig. 1), dans la position dont la fig. 5 donne le profil; (*ptl*) étant le chaton concave du *porte-lentille*, dans lequel se loge l'œil de l'observateur; (*l*) la lentille de verre *sertie* à la base de ce cône.

474. La boîte du microscope renferme six lentilles simples de différents foyers, montées dans tout autant de *porte-lentilles* de même diamètre: la première de 1 pouce, la deuxième de 8 lignes, le troisième de 4 lignes, le quatrième de 2 lignes, la cinquième de 1 ligne, la sixième enfin de ½ ligne de foyer, de manière qu'on peut grossir les objets huit, douze, vingt-quatre, quarante-huit, quatre-vingt-seize, enfin cent quatre-vingt-douze fois, en les remplaçant les unes par les autres.

475. Quoique la crémaillère (465) permette de descendre la platine (*pl*, fig. 1) à plus d'un pouce de distance de la lentille, cependant il arrive que l'objet à observer est d'une épaisseur telle, que sa surface s'élèverait au dessus du foyer de la plus faible des lentilles. Dans ce cas on tire le pivot (*p*) du levier horizontal, hors de la tige (*tg*, fig. 1), pour amener la lentille à la hauteur déterminée par la portée de son foyer respectif.

476. Le tube du microscope composé (pl. 5, fig. 1 *tu*) n'est long que de 12 centimètres, et pourtant il suffit pour obtenir, par la combinaison des mêmes objectifs avec divers oculaires, les grossissements de 300 et même 500 diamètres, lorsque le tube interne (*tu'*) est poussé dans le tube externe; et les grossissements de 500 et même 800 diamètres, lorsqu'on tire le tube interne, et qu'on augmente ainsi d'un tiers seulement la distance de l'oculaire à l'objectif. Nous avons été forcé d'adopter cette longueur, non-seulement pour que le fabricant pût tenir le prix de l'instrument à un chiffre raisonnable, mais encore d'un côté afin de ne pas charger le levier horizontal d'un poids trop lourd, en nous servant d'un tube de plus fort calibre, et de l'autre afin de ne pas dépasser la hauteur de l'œil de l'observateur, en nous servant d'un tube d'une plus grande longueur.

477. Le seul inconvénient (car en ce bas monde, à côté des plus grands avantages, se place toujours un inconvénient), le seul inconvénient qui résulte de l'emploi d'un tube d'aussi petit diamètre, c'est que le champ visuel se rétrécit dans la même proportion que le diamètre des oculaires, et que l'on découvre moins d'objets à la fois, quand on arrive aux forts grossissements; inconvénient ou plutôt incommodité qui est rachetée par des avantages d'une tout autre importance, au point de vue où la nature de cet ouvrage place l'observateur.

478. Examinons maintenant le genre d'utilité qu'offre chacun des grossissements de ce microscope, tel qu'il est livré dans le commerce. Nous avons déjà démontré que la distance focale est d'autant plus courte, et le porte-objet d'autant plus rapproché de l'objectif, que le grossissement d'un système optique est plus élevé (399). Il sera donc d'autant plus facile de procéder à l'étude anatomique et chimique d'un corps sur le porte-objet, que les grossissements employés pour diriger l'opération seront plus faibles. En toutes choses, c'est par ceux-ci qu'il faut commencer, pour préparer l'observation que l'on doit soumettre aux autres.

479. Le tube (*tu'*) poussé dans l'autre, et en ne laissant à l'objectif (*ob*) qu'une seule de ses trois lentilles achromatiques, on a un grossissement de 85 diamètres seulement; grossissement que dépasse, il est vrai, une lentille simple d'une ligne de foyer (434), et avec plus de clarté. Mais le microscope composé a l'avantage en ce point, d'élargir le champ de la vision, ce qui flatte la vue, et de tenir l'objet à 4 millimètres de distance, ce qui permet à la main de l'observateur de manipuler en toute liberté. En tirant le tube (*tu'*), on obtient un grossissement de 125 diamètres. Cependant il ne faut pas s'attendre à jouir, avec cette seule lentille objective, d'un achromatisme (405) aussi parfait, qu'avec trois; cela n'est point dans la puissance de l'art. Si l'on tenait à se procurer le même grossissement avec les trois lentilles objectives, on aurait à faire la dépense d'un jeu plus faible d'oculaires (*oc*) ou d'objectifs (*ob*), que le fabricant vend à part.

480. Avec deux lentilles objectives (*ob*) seulement, et le tube (*tu'*) poussé dans l'autre, le gros-

sissement est de 125 diamètres et la distance focale de 2 millimètres ; en tirant le tube (*tu'*) le grossissement s'élève à 250 diamètres, la distance focale se raccourcissant d'un demi-millimètre environ.

481. Enfin, avec les trois lentilles objectives (*ob*) ajoutées bout à bout, comme elles le sont sur la fig. 1, pl. 5, le grossissement est de 350 diamètres, le tube (*tu'*) poussé dans l'autre. Il s'élève à 500 diamètres, le tube étant tiré ; et à ce chiffre, l'image est encore nette et suffisamment éclairée ; mais la distance focale n'est plus alors que d'un demi-millimètre, ce qui exige beaucoup de précaution et une certaine habitude de mettre l'objet au foyer. Le moindre mouvement trop brusque plongerait la lentille dans l'objet ou le liquide qui l'entoure.

482. Pour obtenir des grossissements plus forts, on emploie des oculaires plus puissants, qui donnent alors le grossissement de 500, le tube (*tu'*) poussé ; et de 800, le tube (*tu'*) tiré. Mais, ainsi que dans tous les microscopes possibles, ces grossissements exagérés ne s'obtiennent qu'aux dépens de la clarté, et leur genre d'utilité est tout exceptionnel et de circonstance ; on ne s'en sert que dans certaines observations.

483. Lorsqu'on observe les corps opaques, la lumière doit leur arriver d'en haut ; et celle que projetterait autour d'eux la lumière du miroir inférieur, ne pourrait que nuire à la vision, par le phénomène de la diffraction. On la supprime, en plaçant sous le porte-objet en verre (*pò*), un diaphragme sans ouverture, de même diamètre, et noirci sur toute sa surface. On fixe alors contre la platine, la monture de la loupe réflective (pl. 5, fig. 6). La griffe (*gr*) embrasse l'épaisseur de la platine (*pl*, fig. 1), et fixe la monture dans une position quelconque par la vis de pression (*v*) ; or, comme la tige (*tig*) mobile dans sa gaine (*g*), mobile dans le deuxième coude (*c'*), se coudant à charnière en (*c''*), est susceptible de tourner en (*m*), et que le porte-lentille tourne sur son axe à l'extrémité des deux branches (*aa*), on peut prendre le jour et le répandre sur l'objet dans toutes les positions possibles.

484. De même qu'on supprime la lumière réfractée, lorsqu'on veut observer par réflexion, de même on doit supprimer toute lumière réfléchie, lorsqu'on veut observer par réfraction, les effets de l'une n'étant propres qu'à induire en erreur sur les interprétations des effets de l'autre. L'*abat-jour* (fig. 12), petit cylindre dans lequel se loge l'extrémité inférieure du tube du microscope, est destiné à supprimer tous les rayons réfléchis, en s'appliquant par sa base, sur la surface du porte-objet lui-même.

485. Nous avons dit qu'il pouvait se présenter des circonstances telles, que l'on aurait intérêt ou fantaisie à observer les objets horizontalement, et à les éclairer directement par la lumière des nuages et sans l'intermédiaire du miroir (*m*). Le microscope double se brise, vers la base (*br*), dans ce but. Mais il arriverait infailliblement dans ce cas, que le liquide du porte-objet entraînerait l'objet sur la platine, ou que le porte-objet lui-même se déplacerait, par suite des mouvements imprimés à l'instrument. On maintient le porte-objet en position, au moyen de deux pinces (fig. 7 *pr*), dont la griffe (*gr*) saisit l'épaisseur de la platine par la vis de pression (*v*), et dont la tige (*tg*) se meut dans la gaine (*g*) circulairement et de haut en bas à frottement. On s'oppose à l'écoulement du liquide, en l'emprisonnant dans les *porte-objets à réactifs*, qui se composent de deux lames appliquées à frottement l'une contre l'autre, et dont l'inférieure est creusée d'un segment de sphère (*sp*) à l'émeri. Nous en avons fait construire de différentes formes, à lames carrées (fig. 8), parallélogrammes allongés (fig. 9), et circulaires (fig. 10), du même diamètre que l'ouverture de la platine (*pl*, fig. 1).

486. Le procédé pour utiliser ces appareils n'est pas d'une grande complication ; on passe, sur la surface de la lame, une couche mince d'une substance non attaquable par le liquide que l'on veut emprisonner ; le plus souvent un peu de salive suffit ; on glisse à frottement la lame supérieure sur l'inférieure, jusqu'à ce que l'adhérence paraisse assez grande, et on amène le bord de la lame supérieure environ au-dessus des deux tiers de la cavité (*sp*) de la lame inférieure ; on introduit alors dans la cavité le corps à observer, avec une quantité de liquide qui déborde ; on pousse aussitôt la lame supérieure, pour chasser devant elle le superflu ; on est sûr, de cette manière, que l'air ne pénètre pas dans la cavité, laquelle se trouve hermétiquement close, une fois qu'à la faveur d'une pression secondée par des frottements de va-et-vient suffisamment répétés, on est parvenu à compléter l'adhérence des deux surfaces accolées ensemble. Les deux lames tiennent alors entre elles, comme si on les avait soudées ensemble, et le liquide se trouve emprisonné hermétiquement, pour ainsi dire, dans un flacon microscopique à l'émeri (51). On conçoit que l'objet enfermé dans une cavité de ce genre a beau se déplacer, il ne saurait se soustraire à l'inspection microscopique, qu'en conséquence on peut impunément donner à

ces lames la position verticale ou horizontale. Mais quelle que soit celle des deux positions que l'on adopte de préférence, ces sortes d'appareils sont indispensables, toutes les fois qu'on a à soumettre une substance à l'influence prolongée d'acides volatils ou avides d'humidité, d'alcalis qui se carbonateraient à l'air, enfin de réactifs et menstrues qui s'altéreraient ou se volatiliseraient. On doit en avoir toujours une certaine provision à son service.

487. Quoique le porte-objet en verre (*pb*) soit à demeure pendant l'observation, qu'on soit dispensé d'y porter la main pour amener l'objet sous le microscope, cependant il arrive fréquemment que le liquide déborde sur la monture, par suite de l'impossibilité où l'on se trouve d'amener la platine à une parfaite horizontalité; inconvénient dont la conséquence la moins grave est, selon la nature chimique du liquide, d'altérer le poli des pièces et la facilité de leurs mouvements. Pour prévenir ces sortes d'accidents, nous avons fait corroder, sur la lisière du porte-objet en verre (*pb* fig. 1, et fig. 11), une gouttière circulaire (*gt*), qui sert de fossé au petit débordement, et arrête le liquide au passage

488. Enfin, dans le but de préserver la monture des objectifs (*ob* fig. 1) du contact des acides, ou de l'évaporation des liquides, on a disposé un manchon (fig. 13), formé d'un fond de tube de verre (*tu*) fermé à la lampe, et mastiqué sur ses bords à un cercle de cuivre (*an*), dans lequel rentre à frottement l'extrémité inférieure du tube du microscope; en sorte que le fond du manchon vient s'appliquer presque sur la surface de la lentille objective. L'épaisseur du verre du manchon étant moindre que la distance focale, l'interposition de sa substance n'est pas un obstacle à la vision; et malgré les défauts que tout l'art du souffleur ne saurait jamais faire entièrement disparaître, il est impossible qu'en tournant le manchon sur son axe on n'arrive pas à rencontrer un espace, si petit qu'il soit, qui laisse passer les rayons lumineux sans leur faire subir la moindre déviation.

489. Cet appareil est de la plus grande utilité pour observer les corps dans un liquide en ébullition, ou dans un menstrue d'une rapide volatilité. En effet, si l'on tenait la lentille objective à distance de la surface du liquide, les vapeurs dégagées ne manqueraient pas de venir se condenser en petites gouttelettes contre la surface de la lentille, et d'y former autant de centres de réfraction, qui annuleraient, par ce seul fait, la réfraction générale. En plongeant la lentille dans le liquide même, on préviendrait cet accident; mais le liquide s'introduirait dans la monture du microscope, et les vapeurs viendraient se condenser dans l'intérieur. A l'aide du manchon, on préserve la monture, et on s'oppose à la formation des vapeurs; on peut assister enfin, sans le moindre inconvénient, aux influences les plus intimes de l'ébullition d'un liquide, sur une substance donnée. Dans cette circonstance, on remplace le porte-objet (*pb* fig. 1) par un verre de montre d'un diamètre analogue, et le miroir (*m*), par une lampe à esprit-de-vin (*lm* fig. 2, pl. 3), que l'on peut éloigner à toutes les distances possibles du porte-objet, en tournant le corps du microscope en dehors de la boîte.

490. Ce petit arsenal pour les observations délicates est complété par une *pince à main* (pl. 3, fig. 18 *pi*) à pointes dentées en dedans, par un *scalpel* à tranchant recourbé en arrière, et par *deux petites aiguilles emmanchées* (fig. 18, pl. 3 *aig.*), trois instruments qui suffisent à tous les besoins d'une dissection microscopique.

491. Mesures micrométriques. Si l'on avait soin de soustraire la vue de l'appareil du microscope aux personnes, auxquelles on montre quelque objet microscopique, et que l'on disposât l'instrument dans une chambre obscure, de manière que l'oculaire fît l'office d'une ouverture pratiquée dans le mur, et donnant vue sur un lointain quelconque; il est certain que le champ visuel du microscope apparaîtrait aux yeux de l'observateur novice, comme une mer immense, dans laquelle s'agiteraient des corps animés et inanimés, d'une grandeur démesurée. Une goutte d'eau de nos mares, du diamètre d'un demi-millimètre, deviendrait ainsi un océan et un monde nouveau, par suite de cette simple disposition, qui transformerait le microscope en lanterne magique ou en *panorama*.

492. D'où vient donc que tout ce monde resserre ses limites, que tous ces géants se rapetissent à nos yeux, par cela seul que nous les contemplons, après avoir mesuré d'un coup d'œil le tube étroit, à travers lequel ces mystères se révèlent? c'est que nous ne possédons pas de mesure absolue des dimensions; c'est que la grandeur des objets n'est que relative; c'est que les corps de la nature ne sont pas essentiellement grands, mais plus ou moins grands que tel autre; c'est enfin parce que nous ne jugeons de la grandeur de l'un que par comparaison avec l'autre; et que la comparaison des grandeurs ne peut jamais se faire de souvenir.

Digitized by Google

493. Lors donc que j'observe, à travers un tube dont j'ignore et le diamètre, et la longueur, et le mécanisme, un espace lumineux, où se meuvent des légions tumultueuses d'êtres d'une structure compliquée et d'une physionomie distincte, ne pouvant comparer ces corps qu'entre eux et avec les limites de l'espace qu'ils habitent, la première opération de mon esprit est d'étudier leurs proportions relatives; si je veux ensuite comparer les phénomènes de ce monde tout nouveau avec les phénomènes du monde que j'habite, je ne saurais avoir recours qu'au raisonnement, qui m'indique que des milliers d'êtres si distincts ne pourraient être vus à cette distance, s'ils n'étaient pas gigantesques, et ne sauraient se mouvoir avec de telles tailles, que dans un espace immense peut-être comme notre horizon.

494. Mais que tout à coup je déchire le voile qui me cachait ce mystérieux mécanisme, et que je découvre que ce tableau est un prestige, et que tout s'y passe à travers un diaphragme de 3 millimètres au plus, et dans la longueur d'un tube de 12 à 20 centimètres, dès ce moment l'illusion tombe, les proportions se réduisent à une mesure ordinaire, dont la comparaison simultanée va me servir à établir des rapports constants. Car en observant de l'œil droit l'image transmise par le tube, et de l'œil gauche les objets extérieurs, il me sera facile d'établir de combien les uns me semblent plus grands que les autres.

495. Mais lorsque l'œil droit est logé dans la cavité de l'oculaire, et que de l'œil gauche j'observe les corps environnants, je m'aperçois que ceux-ci ne deviennent distincts à la vue qu'à une certaine distance; en deçà de cette limite, leurs formes s'altèrent d'autant plus et la vision devient d'autant plus confuse, qu'ils se trouvent placés plus près de mon œil. Or l'analogie, qui agit sur notre conception, en dépit de tous les calculs, me portera à admettre que ces images, qui me viennent du fond du tube du microscope, contre lequel est appliqué mon œil, ne sauraient appartenir qu'à des corps placés plus ou moins sur la limite de la vision distincte. C'est donc avec des corps exposés à cette distance à la vue simple, que je serai amené à comparer les images grossies par l'instrument. Cette distance, variable selon la portée des différentes vues, peut être évaluée en moyenne à 30 centimètres; c'est celle qu'il faudra adopter pour avoir une mesure commune des objets microscopiques; et lorsque la portée de la vue n'ira pas si loin, il faudra avoir soin de noter la distance à laquelle on mesure.

496. Que l'on place sur la table, et à 30 centimètres de distance, une règle (*rg* fig. 1, pl. 5) divisée en centimètres et en millimètres, que l'on fixera de l'œil gauche, en même temps que de l'œil droit appliqué contre l'oculaire (*oc'*), on observera l'image grossie par l'instrument; il arrivera un moment où, par suite de l'unité de la sensation optique, l'image semblera se superposer sur la règle, dont elle recouvrira un nombre de divisions facile à déterminer. Nous aurons dès lors la grandeur de l'image transmise par le microscope.

Pour déduire de ce résultat la grandeur de l'objet microscopique lui-même, dont nous venons de mesurer l'image, nous commencerons par mesurer la distance à laquelle l'objet se trouve par rapport à la surface inférieure de la lentille objective (*ob*), c'est-à-dire de déterminer la distance focale de celle-ci (403). Or, si ma vue était organisée de manière à percevoir un objet placé à la distance focale de la lentille, l'image m'arriverait sous un angle, dont la grandeur réelle de l'objet serait la base, c'est-à-dire la tangente au rayon qui partirait du milieu de la longueur de l'objet; dans la fig. 12, pl. 4, le petit cristal (*ee'*) serait cette tangente; je verrais alors ce petit cristal sous l'angle (*eje'*). Mais si le cristal était assez grand pour être aperçu, à 30 centimètres de distance, avec les dimensions que le microscope employé communique à son image; en supposant cette dimension égale à (*gG*, fig. 12, pl. 4), la distance de 30 centimètres étant égale à (*ja'*), il est évident que les deux triangles (*eje'*) et (*gjG*) seraient proportionnels entre eux; qu'en conséquence la base (*ee'*) du premier serait contenue dans la base (*gG*) du second, autant de fois que la perpendiculaire (*aj*) du premier dans la perpendiculaire (*a'j*) du second, *ee'* : *gG* : : *aj* : *o'j*; c'est-à-dire que la grandeur réelle du petit cristal est contenue autant de fois dans la grandeur apparente de son image, que la distance focale de la lentille (413) l'est dans 30 centimètres, qui est la distance à laquelle nous avons placé la mesure commune. Désignons donc la distance focale par D, la grandeur de l'image par I, la limite de la vision distincte par L, et la grandeur réelle de l'objet par x, l'équation suivante L : D : : I : x donnera la valeur de ce dernier terme; d'où $\frac{D}{L} = \frac{x}{I}$, ou $x = \frac{D \times I}{L}$. Si donc la distance focale est de 2 millimètres, et que l'image apparente soit de 25 millimètres, la grandeur réelle de l'objet sera $\frac{2 \times 25}{300} = \frac{5}{30} = \frac{1}{6}$ de millimètre; le

microscope aura donc grossi l'objet 150 fois, chiffre qui sera l'indice de la puissance ampliante de cette lentille. D'où l'on conclura qu'une lentille d'un millimètre de foyer, si l'art du fabricant était capable d'arriver à une courbure de ce genre, grossirait 300 fois les objets; qu'une lentille de 3 millimètres de foyer grossira 100 fois, une lentille de 4 millimètres 75 fois, une lentille de 5 millimètres 60 fois, une de 6 millimètres 50 fois, une lentille de 2 centimètres 15 fois, et une de 3 centimètres 10 fois. Pour les personnes dont la vue distincte est juste à 8 pouces de distance, elles évalueront la distance focale en lignes, et elles diviseront D × I par 96 lignes, pour avoir la grandeur de l'objet.

497. La distance focale, avons-nous déjà dit, n'est pas toujours facile à déterminer d'une manière rigoureuse; il est, pour déterminer la puissance ampliative, c'est-à-dire le grossissement du microscope, un autre procédé qui donne des indications justes et non moins promptes, une fois qu'on a contracté l'habitude de s'en servir. Il est également fondé sur l'opération de la double vue; mais le terme de la distance focale y est remplacé par la grandeur réelle de l'objet. Soit, en effet, un objet dont, tout petit qu'il soit, je sois parvenu à déterminer rigoureusement le diamètre réel; si je le place au foyer du microscope, et qu'en même temps que je le fixe de l'œil droit, je fixe de l'œil gauche une règle divisée et placée à la distance de 30 centimètres, il est évident que la puissance ampliative du microscope sera égale au nombre de fois que la grandeur réelle de l'objet aura été ajoutée à elle-même, alors que son image se superposera sur la règle divisée (496), c'est-à-dire que la grossissement G sera égal à l'image I, divisée par la grandeur réelle g : $G = \frac{1}{g}$, D'où $G \times g = 1$, et $g = \frac{1}{G}$; c'est-à-dire qu'une fois que j'aurai, par ce moyen, déterminé la puissance ampliative du microscope, je n'aurai plus, pour obtenir la grandeur réelle d'un objet quelconque, qu'à diviser l'image mesurée sur la règle, par le grossissement lui-même.

498. Mais en substituant, à un corps de la nature, la fraction d'une mesure adoptée, qui puisse se prêter à l'observation microscopique, on amènera l'évaluation à une précision aussi rigoureuse qu'il est possible de l'atteindre, avec l'imperfection de nos organes. Soit, en effet, un espace de 1 millimètre divisé au diamant, sur une lame de verre, en 50 ou 100 parties égales (*); à quelque grossissement qu'on élève la puissance du microscope, il est certain que l'une au moins de ces petites divisions tombera dans le champ visuel du microscope. Lors donc que, par le *procédé de la double vue*, l'une de ces divisions coïncidera avec celles de la règle observée à l'œil ou, on n'aura plus qu'à lire le nombre de divisions de même valeur de la règle observée à l'œil nu, que recouvre l'une des fractions du millimètre qu'on observe au microscope, pour en déduire le grossissement du microscope. En effet, si l'intervalle entre deux divisions microscopiques de la lame de verre, recouvre un centimètre de la règle observée à 30 centimètres de distance, le microscope aura grossi cet intervalle 300 fois, dans le cas où chaque division micrométrique correspondrait à $\frac{1}{50}$ de millimètre; car alors, par l'effet de la puissance ampliative du microscope, $\frac{1}{50}$ de millimètre serait devenu égal à 10 millimètres, c'est-à-dire à $10 \times 50 = 500$.

499. On doit avoir soin, en procédant à ces appréciations, d'amener le micromètre au foyer, c'est-à-dire au point où les divisions tracées au diamant s'offrent pures et comme des traits noirs et sans pénombre. Ensuite, il faut que la règle qui sert de mesure soit placée sur la table, et qu'elle puisse être amenée à coïncider avec le micromètre par des mouvements faciles et doux; la coïncidence doit être parfaite, et sur toute la longueur des traits, et sur toute leur épaisseur.

500. Lorsqu'on cherche à mesurer la puissance des grossissements élevés, qui ne s'obtiennent qu'au détriment de la lumière et de la clarté des images, il s'établit une lutte pénible et fatigante entre les deux yeux de l'observateur, dont l'un est plongé dans les ténèbres, et dont l'autre est inondé de lumière; et la coïncidence des divisions est alors d'une grande difficulté à déterminer.

501. On obvie à ce grave inconvénient par le procédé qui suit : on détermine, par le procédé ci-dessus, le grossissement du premier oculaire (*oc'*, fig. 1, pl. 5), c'est-à-dire en plaçant, sur le diaphragme (*d'*) de son foyer, un micromètre qui, cette fois, ne doit contenir que des millimètres sans autres fractions (**). Si maintenant on laisse

(*) Ces lames de verre se nomment des micromètres. Il est des artistes qui portent la division à 200 et 400 même avec une netteté admirable, ce qui exige le concours d'un excellent instrument diviseur et d'une main exercée. Le millimètre divisé en 100 parties suffit à toutes les observations, le prix n'en dépasse pas 15 fr.

(**) Afin de ne pas gêner la vision, ce micromètre doit être gravé sur une bande de verre de trois millimètres de largeur égalant en longueur le diamètre du tube.

ce petit micromètre en place et au foyer de l'oculaire, et qu'on observa en même temps le micromètre divisé en fractions de millimètre placé au foyer de l'objectif (*ob*), on trouvera qu'un nombre N de divisions de celui-ci sont renfermées dans l'intervalle de deux traits de celui-là ; c'est-à-dire que une, deux, trois, etc., fractions du millimètre soumises à la réfraction de l'objectif (*ob*), occupent le même espace qu'un millimètre soumis à la réfraction de l'oculaire externe (*oc'*); l'objectif (*ob*), plus l'oculaire interne (*oc*), ont donc grossi d'autant l'image d'une division. Mais l'oculaire externe (*oc'*) reprend, pour la grossir encore une fois, cette image; le grossissement du microscope sera donc égal au premier grossissement multiplié par le second. Que, par exemple, $\frac{5}{50}$ de millimètre du micromètre soumis à l'objectif (*ob*), se placent exactement entre les deux traits qui marquent un intervalle d'un millimètre, sur le second micromètre soumis à l'oculaire externe (*oc'*), il s'ensuivra que la puissance amplitative de l'objectif, jointe à celle de l'oculaire interne, aura grossi l'image 10 fois; mais si le grossissement de l'oculaire externe lui-même est de 10 fois, l'image qui parviendra à l'œil de l'observateur sera grossie $10 \times 10 = 100$ fois; ce qui donnera le chiffre du grossissement du microscope.

502. Il faut conserver précieusement le chiffre du grossissement, une fois qu'on l'a obtenu par la moyenne d'un assez grand nombre d'observations répétées; ce ne sont pas de ces observations que l'on puisse impunément recommencer chaque jour; et je n'en sache pas de plus fatigantes, et j'oserai même dire de moins concordantes. Car, il ne faut pas se le dissimuler, avec quelque sévérité que l'on procède, il est presque impossible que deux observateurs se rencontrent exactement dans leurs déterminations, et que la même observateur tombe juste au même chiffre dans deux opérations consécutives; il est des longueurs qu'on ne peut plus compter, mais qu'on se contente d'évaluer, en divisant idéalement l'intervalle, là où la division tracée ne se prête plus à superposer les rapports. Mais il en est, sur ce point, des mesures micrométriques, comme des mesures au grand; l'exactitude se trouve hors des limites qu'il est refusé à l'imperfection de nos organes de franchir. Quoi qu'il en soit, et comme le chiffre du grossissement, une fois constaté, doit servir de dénominateur à toutes les évaluations ultérieures, dont l'image grossie sera le numérateur, il s'ensuit que les objets qu'on aura à observer seront tous mesurés à la même règle, et que, par conséquent, les rapports de grandeur des objets microscopiques entre eux n'offriront rien d'erroné.

503. En résumé, le grossissement G du microscope étant déterminé par ce procédé, et l'image de l'objet observé I étant mesurée par le procédé de la double vue, la grandeur réelle de l'objet g se déduira de cette formule $g = \frac{I}{G}$.

504. On peut obtenir encore la grandeur réelle de l'objet, directement. En effet, si l'on parvient à disposer l'objet à mesurer, juste sur la surface divisée du micromètre en verre, il doit paraître évident que, pour connaître sa grandeur réelle, on n'aura qu'à compter le nombre de divisions micrométriques qu'il recouvre. Mais dans l'application, ce résultat n'est ni aussi prompt ni aussi facile à obtenir ; et il est loin de donner à chaque fois des indications aussi exactes qu'on serait porté à le croire au premier abord. Les traits de la division micrométrique, qui n'occupent, sur la lame de verre, qu'une aire d'un millimètre, sont si délicats et si fins, qu'on ne parvient presque à apercevoir la place qu'ils occupent, que par le jeu de la lumière et le phénomène des interférences. Alors même qu'on a eu la précaution d'entourer la division par un cercle coloré visible à la vue simple, il faut encore beaucoup de temps pour la rencontrer au microscope, et pour la rendre visible, en l'amenant juste au foyer; l'épaisseur de ces traits étant si faible que le moindre coup imprimé au bouton de la crémaillère, amène la division au delà ou en deçà du foyer. Une fois qu'on l'a trouvée et qu'on l'a mise au foyer, il faut encore amener l'objet et la goutte de liquide qui le renferme, sur les traits de la division, ce qui n'est souvent pas moins long à effectuer, et ce qui expose la division à de fréquentes éraillures. Enfin toutes les difficultés ne sont pas aplanies dès ce moment : car il est rare que les dimensions de l'objet concordent exactement avec les divisions micrométriques, l'objet pouvant avoir $\frac{1}{52}$, $\frac{1}{55}$, $\frac{1}{60}$, $\frac{1}{70}$, de millimètre en diamètre, quand la division du micromètre n'est qu'en cinquantièmes de millimètre. L'estimation alors doit se faire par des divisions idéales, qui sont capables de jeter l'évaluation dans des écarts bien plus graves que ne le feraient les vacillations du procédé par la *double vue* (496). Ajoutez à cela l'influence des pénombres des bords de l'objet sur la valeur des déterminations, et l'on conclura

que le résultat obtenu, en tout état de cause, n'est pas tellement rigoureux qu'il soit nécessaire de le chercher, au prix de tant de pénibles efforts et de temps perdu.

505. On a remplacé ce genre de mesure micrométrique, par un petit instrument qui est susceptible de fonctionner avec une rare précision, et de mesurer un objet au microscope, presque comme on mesure à l'œil nu dans les opérations en grand. C'est une tige horizontale, aiguë à l'extrémité qui se place au foyer, et dont l'autre extrémité est mise en mouvement par une vis sans fin, dont on peut apprécier la marche, au moyen d'un cadran gradué fixe et d'une aiguille qui tourne avec la vis. Ce petit instrument fixé au point convenable contre la platine (*pl*, fig. 1, pl. 5) du *porte-objet*, on en amène la pointe, de manière que son extrémité coïncide exactement avec le bord de l'objet que l'on observe; ce premier résultat obtenu, on place l'aiguille au zéro du cadran, on tourne ensuite la vis jusqu'à ce que la pointe de la tige horizontale soit arrivée au bord opposé de l'objet, et l'on compte alors, sur le cadran, la longueur qu'elle a parcourue, pour arriver d'un bord à un autre, les divisions du cadran correspondant à tout autant de fractions égales d'un millimètre. Cet instrument qui, porté à une suffisante précision, ne saurait être livré à bon marché, n'est pas à l'abri des perturbations qui altèrent les indications du micromètre en verre. Les pénombres de l'objet rendent assez difficile à déterminer la coïncidence de la pointe avec les bords de l'objet microscopique; mais ce qui peut jeter encore plus d'incertitude sur la valeur des déterminaisons, c'est qu'il est presque impossible d'amener la pointe de l'instrument au foyer de l'objet microscopique, sans s'exposer à faire disparaître l'objet lui-même, par la voie de la capillarité. Or, comme, avant toute chose, il faut que la pointe de l'instrument soit placée au foyer du microscope, et que l'objet en sera à distance, il s'ensuit que l'instrument mesurera une image altérée plutôt qu'une réalité.

506. Ainsi avec tout ce luxe d'appareils, on ne saurait arriver qu'à une précision apparente, et à un charlatanisme de chiffres, dont nous avons, il nous semble, fait assez bonne justice dans nos premières publications; et vraiment il nous était difficile de contenir un éclat de rire, quand dès le lendemain de leurs publications, nous voyions les journaux transcrire, les professeurs annoncer et les traités élémentaires recueillir, avec une religieuse attention, ces tableaux, où les globules du sang se présentaient avec une précision typographique, que nous étions loin de rencontrer dans la nature, en ayant recours à tous les genres de procédés.

507. Cependant, si les molécules divisibles des corps de la nature affectaient constamment les mêmes dimensions, dans une même circonstance, force serait bien d'employer, pour les mesurer, des instruments d'une rare précision, dût-on aller les faire vérifier par les possesseurs privilégiés des étalons académiques, et les soumettre pour ainsi dire au poinçon légal. Mais quand on songe, ce que nous aurons fréquemment à constater dans le cours du présent ouvrage, que les globules ou molécules de la même substance, à quelque degré qu'on pousse la division anatomique ou mécanique, varient de dimensions à l'infini entre deux extrêmes, dont l'un n'a souvent d'autres limites que celles de la vision artificielle, il serait, il nous semble, aussi ridicule de vouloir mesurer chacun de ces corps avec des instruments d'une parfaite précision, dans le cas où la science en posséderait de semblables, qu'il le serait de refuser dans le commerce toute mesure légale, qui n'aurait pas été étalonnée sur le mètre de platine déposé à l'Observatoire, et qui, grâce à la consigne sévère qui veille à sa garde, n'a pas encore peut-être servi deux fois. Mais comme il est démontré que les *micromètres*, si perfectionnés qu'ils soient, ne sauraient fournir, dans l'application, que des évaluations approximatives, et que d'un autre côté, les organes que l'on a à mesurer varient en dimensions, selon les espèces, les individus, l'âge, et la région du corps qu'ils occupent; que le résultat enfin, acheté à un si haut prix, se réduit, en dernière analyse, à une suffisante approximation, il s'ensuit que le procédé de la *double vue* (496), qui fournit des approximations égales en exactitude, a, sur les deux autres, l'immense avantage de ne coûter ni perte de temps ni sacrifice pécuniaire.

508. Qu'importe ensuite que tel observateur ait pris ses mesures à un microscope, dont le grossissement ne soit pas aussi rigoureux que tel autre, qui a servi à dresser un tableau de dimensions, les rapports entre les nombres obtenus par le premier n'en seront pas moins les mêmes que ceux obtenus par le second, alors que les nombres différeraient entre eux chacun à chacun; et en fait de mesures micrométriques, c'est aux rapports seuls des nombres qu'il faut définitivement s'attacher, se contentant, quant à la grandeur réelle, de suffisantes approximations. Supposez en effet que, par le *procédé de la double vue*, et en me

servant de mon microscope, dont le grossissement a été déterminé préalablement par des moyennes d'observations sagement conduites, je trouve que les plus gros grains de fécule de massette ont $\frac{1}{7}$, ceux de pomme de terre $\frac{1}{8}$, ceux de châtaigne $\frac{1}{10}$ de millimètre; et qu'un autre observateur armé d'un microscope dont le grossissement aura été tout aussi sagement déterminé, trouve par le procédé de la double vue, que les plus gros grains de fécule de massette ont $\frac{1}{6}$, ceux de pomme de terre $\frac{1}{9}$, ceux de châtaigne $\frac{1}{11}$, etc., la différence dans ces nombres n'indiquera que celle de la puissance des instruments, et n'affectera nullement les rapports de grandeur de ces diverses fécules entre elles.

509. Après toutes ces observations, nous croyons pouvoir nous dispenser de parler, et du procédé de Leuwenhoeck, qui plaçait sur le porte-objet un grain de sable de la mer, et appréciait à la vue, combien il faudrait d'objets microscopiques, du genre de ceux qu'il observait, pour couvrir l'aire occupée par le grain de sable; et de celui de Jurine, qui remplaçait les grains de sable par des fils métalliques d'une grande ténuité, dont il avait déterminé l'épaisseur, en les enroulant autour d'un cylindre divisé, et comptant le nombre de tours de spire que renfermait une division; l'épaisseur du fil égalant alors une fraction, dont le nombre de tours formait le dénominateur. Car ce dernier procédé ne diffère de celui de Leuwenhoeck, que par la régularité de la mesure adoptée, l'incertitude se retrouvant également dans les évaluations.

510. Le procédé de la *double vue* (496) est en conséquence celui auquel nous invitons les observateurs de s'arrêter, pourvu qu'ils aient soin de noter la distance à laquelle la portée de leur vue exige que la règle soit placée. En conséquence, le grossissement du microscope ayant été déterminé aussi rigoureusement que l'on pourra, la règle placée à la limite de la division distincte (*), supposons qu'on observe au grossissement de 100, que la distance de l'œil nu à la règle soit de 30 centimètres, et que l'image de l'objet qu'on regarde à travers le tube ou la lentille simple du microscope, semble, en se superposant sur la règle que l'on fixe de l'œil nu, en couvrir 20 millimètres; en vertu de la formule $g = \frac{1}{G}$, la grandeur réelle de l'objet sera de $\frac{20}{100} = \frac{2}{10} = \frac{1}{5}$ de millimètre. Cet exemple suffira à indiquer le mécanisme de ces opérations dont chacune, lorsqu'on en a contracté un peu l'habitude, ne coûte pas plus de quelques secondes.

(*) Dans le microscope double, cette limite se trouve à peu près sur le couvercle de la boîte, lorsqu'on se sert du tube, mais lorsqu'on remplace le tube par le microscope simple, il faut tourner le platine en dehors de la boîte pour pouvoir éloigner la règle à volonté : c'est encore une raison (461) pour laquelle la double tige a été placée sur le bord de la boîte.

INFLUENCE DE LA VALEUR DU MICROSCOPE SUR LE MÉRITE DES OBSERVATIONS.

511. Le jour qu'il eut trouvé le secret d'ajouter, à la puissance visuelle de son œil, la puissance d'une lentille réfringente, l'homme put espérer avec raison de pénétrer dans le domaine d'un règne, qui jusque-là s'était soustrait à son observation; le verre grossissant fut la boussole d'un nouveau monde, dont la conquête, pour être sans périls, n'était pas à l'abri des hasards et des grandes fatigues; mais enfin cette conquête était assurée, et nul ne s'éleva d'abord pour en révoquer en doute la réalisation.

512. Il n'en fut plus de même, lorsque, dans son ambition trop progressive, la science crut pressentir, qu'en combinant entre elles plusieurs de ces lentilles, isolément si puissantes, elle parviendrait tôt ou tard à reculer les limites de la puissance ampliative du microscope, dans la même proportion que la première invention avait reculé les limites de la vision distincte. C'était assimiler l'art qui perfectionne au hasard qui révèle; c'était prêter à l'application le génie d'une loi de la nature. Aussi bien des observateurs sont morts dans l'attente, et le messie de ces nouvelles révélations est encore à venir de nos jours. Ce qui fit, et ce qui fera longtemps encore, qu'après avoir essayé des combinaisons de verre de la plus habile complication, et de la puissance ampliative la plus exagérée, les Leuwenhoeck et les Swammerdam retournèrent avec prédilection à la petite lentille simple, et achevèrent leurs grands travaux avec ce naïf appareil.

513. De nos jours, je veux parler d'une dizaine d'années françaises, les mêmes prédictions ont amené les mêmes désappointements; et si l'Académie en masse semble, à plusieurs reprises, lancer l'anathème sur les observations faites avec

un pauvre instrument, l'opinion publique en masse ne tarda pas à réduire à leur juste valeur, les observations obtenues à l'aide des plus riches microscopes ; elle s'aperçut que tout ce grand bruit, qui passait sur le compte de toute la société savante, ne partait pourtant en réalité que d'un tout petit coin de la salle ; sur toutes les autres banquettes, chacun se déclarant incompétent. Elle découvrit que, sur ceux qui en parlaient avec tant d'aplomb, un seul avait étudié les lois de l'optique, c'était un astronome ; et, chose étonnante, il débutait par dire qu'*il ne pouvait pas voir au microscope*, mais qu'il n'en était pas moins convaincu que des observations faites avec un *riche instrument* (c'était l'expression consacrée), devaient offrir une garantie de plus que les observations faites avec une simple loupe. Un autre jour, et ceci est consigné au procès-verbal (notre lettre qui y donna lieu et l'assertion de l'astronome), après qu'on eut achevé la lecture d'une lettre, dans laquelle nous rappelions aux physiciens que la clarté des instruments d'optique était en raison inverse du nombre des verres qui entraient dans leur construction, vu que la déperdition des rayons lumineux par les aberrations de sphéricité et de réfrangibilité, par les réflexions partielles, et par l'absorption du verre lui-même ; que cette déperditinn, dis-je, était en raison du nombre de surfaces que la lumière avait à traverser ; l'astronome, à haute et intelligible voix, s'écria que ces assertions étaient opposées aux premières notions d'optique. A cela il n'y avait qu'une chose à répondre, c'était de livrer à la publicité la lettre et le commentaire ; c'est ce que nous ne manquâmes pas de faire, et ce n'est pas à nos dépens que cette lecture amusa l'astronome d'Édimbourg, Brewster. L'opinion publique élimina donc l'opinion de l'astronome en lui disant : « Puisque, à notre grand étonnement, vous vous déclarez incompétent, récusez-vous. » Quant aux autres collègues, qui se gardaient bien de faire un pareil aveu, mais qui n'en mettaient pas moins leur opinion sous l'égide du nom et de la haute autorité, laquelle déclinait sa compétence ; quant à ceux-là, on ne tarda pas à savoir que, novices dans l'art de bien voir, quoiqu'ils eussent souvent auparavant regardé au microscope, ils se glissaient chaque jour, en habit bourgeois, et d'un pas fort timide, chez un simple amateur qui leur donnait des leçons, et qui n'avait pas grandement à se féliciter des progrès de ses illustres élèves (*). Enfin on découvrit que, dans tout cet académique mouvement, il y avait plus de colère que de bonne foi, plus de népotisme que d'impartialité ; que la plupart combattaient en cela pour défendre leurs œuvres et d'autres leurs enfants ; quelques palinodies solennellement obligées (**) emplêtèrent, au sein de l'Académie même, l'effet de ces impressions ; et l'esprit public tourna, une bonne fois pour toutes, le dos à l'esprit de corps, qui jeta de côté, dès ce moment, les armes qu'on avoue.

514. Il resta démontré que, dans l'état actuel de la science industrielle, il n'était pas une seule observation microscopique qu'on ne pût effectuer avec une simple lentille à court foyer ; que les riches microscopes n'avaient, sur les modestes loupes, d'autres avantages réels que ceux qui tournaient au profit de l'observateur : l'élégance des formes, la facilité des mouvements et une vision moins fatigante, toutes choses dont l'habitude et l'amour du travail peuvent diminuer de beaucoup l'importance ; et l'on sait que ces deux dernières qualités ne manquent pas à celui qui n'a rien. On s'aperçut que l'élégance d'un instrument est quelquefois un obstacle à la précision ; que les ornements sont faits pour être vus et non pour être maniés ; et qu'en fait de constructions, rien n'est durable comme les formes d'une grande simplicité ; car, au lieu de s'altérer, elles ne font que se réduire en s'usant. Or une fois que cette manière de voir se fut accréditée, le microscope ne tarda pas à devenir un instrument indispensable dans le laboratoire, et même dans l'atelier ; en voici la preuve la plus irrécusable.

515. Nous rencontrâmes un mécanicien qui, partageant notre pressentiment, et comprenant, mieux que la plupart de ses autres confrères, qu'on peut faire de grands profits en se mettant à la portée de toutes les bourses, consentit à livrer, au prix de 30 francs, un microscope simple, dont nous lui donnâmes le dessin. A cette époque, il ne se vendait pas en France plus de dix microscopes par an ; or ce petit instrument se popularisa tellement en France et à l'étranger, que bientôt l'opticien et ses contrefacteurs ne purent plus suffire aux demandes. Debrun en est aujourd'hui à sa soixante-dixième douzaine, c'est-à-dire à son 840e microscope ; le nombre vendu par la contrefaçon est arrivé à un chiffre au moins aussi élevé, chiffre qui, indépendamment des accessoires que l'acheteur ne manque presque jamais de se procurer en même temps, et dont le prix s'élève souvent plus haut

(*) Voy. *Essai de chimie microscop. appliquée à la physiolog.*, 1830, p. 3.

(**) Voy. *Annal. des sc. d'obs.*, tome I, p. 238, 1829, et t. IV, p. 313.

que celui du microscope même, chiffre, dis-je, qui représente une valeur de 50,000 francs environ, mise en circulation dans l'espace d'un petit nombre d'années. C'est ainsi que l'opinion répondit au mauvais vouloir de la puissance occulte et de la puissance académique, toujours dévouée à la première; le microscope, objet jusque-là de fantaisie et de crédulité, avait pris rang parmi les instruments de précision; et, en se dépouillant de tout ce qui en faisait l'apanage exclusif des hommes de loisir, sa fabrication était tout à coup devenue une branche intéressante de commerce.

516. Ces documents historiques ne laissent pas que d'avoir une utilité scientifique, quoiqu'ils offrent, au premier coup d'œil, un caractère personnel; car, dans l'état de notre inqualifiable civilisation, les difficultés que l'on rencontre dans la carrière des sciences, viennent encore plus des hommes que des choses; du reste, ce préambule n'aura pas peu préparé le lecteur à l'intelligence des principes suivants, dont nous ferons ensuite l'application à chaque genre de microscope.

517. Les rayons lumineux qui émanent de l'objet, subissent, en traversant une lentille réfringente, quatre déperditions différentes : deux qui proviennent des aberrations de sphéricité et de réfrangibilité (401), une troisième qui est due à l'absorption même du milieu réfringent; la quatrième, enfin, est causée par la réflexion; car les rayons qui arrivent, sous un angle d'environ 22°, sont réfléchis en dedans par la surface que tous les autres traversent. Plus le verre a d'épaisseur, et plus est grande la puissance de la troisième cause; plus la lentille a de courbure, et plus est grande la puissance des deux premières. Mais toutes ces déperditions ne sauraient se réaliser, sans nuire à la netteté de l'image, qui en est d'autant moins complète, et sans altérer la pureté des contours qui se trouvent tronqués d'autant. Donc la pureté et la netteté des images sera en raison inverse du nombre des lentilles qui entreront dans la combinaison d'un instrument. Donc, toutes choses égales d'ailleurs, une lentille simple sera, sous ce rapport, infiniment préférable à la combinaison la plus heureuse de plusieurs lentilles ensemble. Et pour se convaincre de la vérité de cette proposition, il suffit d'observer, dans les mêmes circonstances, le même objet à une lentille simple, et au grossissement (479) correspondant du microscope composé. Au microscope simple, l'image s'offrira avec des contours fortement accusés, une lumière pure et franche, des détails distincts, avec une surface enfin harmonisée; au microscope composé, au contraire, les contours s'offriront vagues ou cotonneux, la lumière indécise, les détails effacés ou lavés, et la surface accidentée ou interrompue.

518. Or, ces avantages de la lentille simple sont tels, que souvent le grossissement le plus fort du microscope composé ne saurait leur servir de compensation; la puissance ampliative, en effet, en grossissant l'image, doit nécessairement en grossir les défauts dans la même proportion. Ainsi, dans l'état actuel de l'optique, plus je chercherai à voir un objet grand, plus je parviendrai à le voir obscur et difforme; or, dès lors, que m'importe que vous transformiez mes pygmées en géants, si vous les estropiez? que m'importe enfin que vous me montriez des géants, si je ne puis les distinguer que dans l'ombre? je préfère contempler un ciron fortement éclairé. Il est des gens novices dans l'art d'observer, qui ressemblent assez à ces gens novices dans l'art de bien vivre, lesquels se prennent à penser qu'on se nourrit d'autant plus qu'on mange davantage, et qui ne se détrompent qu'à la faveur d'une belle indigestion; de même, nos observateurs gloutons ne croient jamais si bien voir que lorsqu'on leur montre l'objet sur une large surface; ces gens-là mesurent la vérité à la toise, et ne se réconcilient, avec les petits objets, qu'à la condition que le microscope les leur dessinera à la fresque, sur la muraille de leur appartement. Ils donnent la main à un autre genre d'observateurs, lesquels ne procéderaient à la moindre réaction qu'avec plusieurs livres de substance, et qui ont horreur de tout vase réduit aux proportions du verre de montre, comme d'un ustensile indigne d'un esprit large et élevé. C'est pour suffire aux immenses travaux de ces observateurs qu'ont été inventés les cumuls et les bénéfices, ce sont eux à qui les opticiens hommes d'esprit, ont l'habitude de désigner le grossissement en surface et non en diamètre, et à qui ils disent : « Ce microscope grossit 90,000 fois (ce qui est vrai de la surface), et non pas 300 fois (ce qui est le même grossissement, mais seulement en diamètre.) » Enfin ce sont eux pour qui le microscope solaire, et à son défaut le microscope à gaz est l'instrument le plus parfait d'optique, parce que sa puissance ampliative ne reconnaît d'autres limites que le mur de la salle de spectacle, sur lequel le vibrion de la farine apparaît avec les dimensions du plus grand des serpents *Boa*, et d'un serpent couvert d'écailles colorées, quand, faute d'un jour suffisant, il n'apparaît pas noir, comme si l'illustre animal venait de sortir de la bouc. Ne détruisez

pas l'illusion de cet ami de la fantasmagorie; gardez-vous bien de démontrer à ce spectateur que ces écailles dorées sont un mensonge du verre, qui n'a pas été achromatisé, ou un mensonge de l'objet lui-même, lequel a décomposé, par la structure de son tissu, et tout autant que le verre, les rayons lumineux qui l'éclairent en le traversant; ne lui dites pas que ce n'est rien voir que de voir tout noir; et que toute cette puissance, dont il admire les magiques effets, se réduit à agrandir des contours, ce qui n'ajoute rien de plus à la forme générale, que l'on apercevait tout aussi bien et avec tous ses caractères sous de moindres dimensions; respectez le bonheur, alors même qu'il est tout imaginaire, ou plutôt qui n'est peut-être jamais qu'imaginaire. Mais n'oubliez pas de faire la part de chaque chose. Souvenez-vous qu'une fois qu'on s'écarte du foyer de la lentille, il n'existe presque pas de limite réelle au grossissement de l'objet (437); qu'ainsi le microscope solaire, qui est fondé sur ce principe, est un joli amusement physique; mais que, lorsqu'il s'agit d'observer et non de s'amuser, un microscope ordinaire vaut mieux; car la dimension sans la netteté n'est qu'un obstacle de plus à la vision distincte.

519. Jusqu'à présent, en dépit des calculs du physicien et des efforts et des tâtonnements bien préférables de l'artiste, le plus fort grossissemen obtenu, d'une manière nette, aux microscopes éclairés par la lumière diffuse, n'a pas dépassé deux mille diamètres. Mais vraiment à ce point je ne sais pas ce que l'on pourrait distinguer; aussi les opticiens qui font sonner le plus haut la puissance de leurs grossissements, se gardent-ils bien de rien montrer à leurs chalands avec cette combinaison de verres; ils mentionnent le fait, mais se hâtent de placer leur microscope au modeste grossissement de deux à trois cents fois; car, à cinq cents, la vue commence à éprouver de la fatigue. Pour moi, qui ai comparé entre eux les microscopes les plus vantés, je puis déclarer qu'au-dessus de trois cents fois, aucun d'eux ne saurait offrir un avantage incontestable. Cependant, admettons qu'au grossissement de mille diamètres, l'observation puisse en tirer un parti utile, et voyons dans quel rapport ce genre d'utilité sera à l'égard du plus fort grossissement d'une lentille simple. Une bonne lentille simple, d'un foyer d'un millimètre, peut grossir, selon les vues, 180 fois; les lentilles ordinaires, d'un foyer un peu plus long, grossissent ordinairement 150 fois; en nous tenant à ce dernier chiffre, le rapport du grossissement simple au grossissement composé serait :: 150 : 1000, ou : : 1 : 6,6; c'est-à-dire que la lentille simple ayant transmis à l'œil une image nette, distincte, et susceptible d'être dessinée, ce microscope composé agrandirait 6 fois la dimension de cette image. Le microscope composé n'aurait donc, sur la lentille simple, d'autre avantage que celui d'une loupe, qui grossirait 6 fois environ l'image d'un objet, que je distinguerais parfaitement bien à la vue simple. L'avantage, comme on le voit, n'est pas si exorbitant qu'il le semblait au premier abord; et nous avons raisonné, en supposant que l'image fût aussi nette au grossissement de 1,000 fois qu'à celui de 150, ce que nous avons démontré n'être pas (517), et ce que l'observation directe démontre d'une manière plus irréfragable encore. Or, si je vois moins clair, je vois moins bien; et quelque grande que soit l'image transmise, elle ne saurait équivaloir à une image plus nette, observée sous de moindres dimensions.

520. Je ne sache pas de microscope dont je voulusse me servir au-dessus de 500 fois, si ce n'est dans quelques circonstances extraordinaires. Or le rapport du grossissement de la lentille simple à celui de ce grossissement composé est : : 150 : 500, ou : : 1 : 3,3, grossissement qu'à égale courbure une lentille de tourmaline ou de diamant pourrait me fournir (415).

521. Non pas qu'à un grossissement trois fois plus grand, on ne distingue quelques détails de plus qu'à l'autre; non pas qu'alors qu'il s'agit d'observer un objet déterminé, on ne gagne pas à se servir du grossissement supérieur; la proposition contraire serait absurde; et si tous les objets de même nature, si tous les organes de même élaboration affectaient des dimensions invariables, la supériorité du grossissement devrait être considérée comme une qualité, dont rien ne pourrait réparer l'absence, même alors qu'elle s'arrêterait au faible rapport que nous avons signalé ci-dessus. Mais il n'en est rien moins qu'ainsi dans la nature, et surtout dans la nature organisée. En effet, les dimensions d'un organe varient selon les espèces du même genre, selon les individus de la même espèce, et même selon l'âge du même individu; et ils varient dans une latitude très-grande. Tel organe qui, dans telle espèce, ne dépasse pas $\frac{1}{500}$ de millimètre, et qui partant aurait besoin d'être vu à un grossissement de 2,000 diamètres, pour que son image apparût avec un diamètre de 4 millimètres, se trouve dans telle autre espèce, ou à telle époque de la maturation de l'individu, avoir atteint un

diamètre réel de $\frac{1}{8}$ de millimètre ; en sorte qu'avec un simple grossissement de 100 fois, son image apparaît sur une longueur de 12 millimètres environ ; et que, sans augmenter la puissance amplifiative du microscope, et partant sans craindre de diminuer la clarté et d'altérer la netteté de l'image, on voit alors cet organe trois fois plus grand qu'on ne verrait les autres, au grossissement de 2,000 fois, s'il était possible de réaliser celui-ci d'une manière heureuse.

522. D'où il suit que les grossissements supérieurs sont utiles, mais non indispensables à l'étude générale de l'organisation ; et que l'observateur ne perd jamais à attendre de l'occasion, ce que lui refuse l'infériorité du grossissement de son microscope.

523. Mais si le microscope composé n'est pas d'un usage indispensable, il faut avouer que, dans le plus grand nombre de cas, son emploi offre certains genres d'utilité, qui ne laissent pas que d'avoir un grand prix aux yeux de l'observateur, tellement que ceux qui ont assez de fortune pour acheter un de ces instruments de prix, gagnent à s'en procurer les avantages ; mais que l'observateur plus riche en patience et en dévouement qu'en espèces sonnantes, ne perd qu'un peu plus de temps en s'en passant.

524. 1° Le microscope composé, agrandissant le champ de la vision (442), tout en grossissant les images, fatigue, moins que la lentille simple, la vue de l'observateur. Car habitués que nous sommes à mesurer l'horizon d'un seul coup d'œil, ce n'est que par une série de pénibles efforts, que l'on ramène l'organe qui nous fait voir, à la modification que réclame l'emploi de la lentille simple. Cependant, l'habitude d'observer à la même lentille finit par façonner l'œil à cet inconvénient, de sorte qu'après quelque temps on ne s'en aperçoit plus guère. Voilà bientôt près de quinze ans que j'observe au microscope simple autant qu'au microscope composé, et je possède encore une vue excellente.

525. 2° Le microscope composé allonge le foyer, et permet d'observer à une distance huit fois plus grande, le même corps, au même grossissement que celui de la plus forte lentille du microscope simple ; avantage précieux pour les manipulations de l'anatomie fine et de la chimie microscopique.

Je ne parlerai pas de l'achromatisme des lentilles qui rentrent dans les combinaisons du microscope composé. Car en vérité je ne saurais avouer que le système le plus parfait de lentilles achromatiques, puisse jamais être aussi achromatique qu'une simple lentille de verre de $\frac{1}{2}$ ligne de foyer. J'ai toujours remarqué quelques irisations aux meilleurs microscopes achromatiques ; j'en ai rarement vu de bien déterminées à la lentille simple, lorsque j'observe par la lumière des nuages.

526. En résumé, l'avantage du microscope composé, tant exagérée par le charlatanisme de l'observateur et par le savoir-faire du fabricant, se réduit à la valeur d'une incontestable utilité, mais ne saurait jamais être considéré comme étant d'une indispensable nécessité. Et n'oubliez jamais que quiconque vous tiendra un autre langage, a pour but de capter votre crédulité ou votre argent ; refusez la première au savant Crésus, ne donnez l'autre au fabricant qu'en connaissance de cause ; vous êtes maintenant en état de savoir ce que vous achetez, en achetant un microscope. Il est une chose que le fils du riche, avec tout l'or de sa bourse, ne saurait jamais acheter, si elle lui manque : c'est la rectitude de l'esprit, que l'on apporte en venant au monde, et qu'on n'acquiert plus après ; et cette qualité, si vous la possédez une bonne fois, vous tiendra lieu des plus riches perfectionnements, dont se targuent les autres, sans profit pour la science, mais au grand profit des marchands.

527. Dès l'instant que nos premières publications eurent introduit le microscope dans le laboratoire, et je dirai même dans les usines, la monture de l'instrument, qui jusque-là n'avait été qu'un accessoire, en est devenue presque le principal ; et une foule de riches microscopes ne tardèrent pas, sous ce rapport, d'être relégués dans l'arsenal des cabinets de physique, comme des objets d'art beaucoup plus curieux qu'utiles. Nous allons évaluer l'avantage d'une bonne monture, en passant en revue les principales modifications qu'on a apportées à la construction du microscope.

REVUE CRITIQUE DES DIVERS MICROSCOPES.

528. Ce n'est pas d'aujourd'hui qu'on a fondé des espérances exagérées, sur les résultats que promettait à l'observation l'emploi d'un microscope d'une nouvelle structure ; et ce n'est pas d'aujourd'hui non plus que l'observateur qui ne redoutait pas la critique, a cherché à placer ses observations sous la garantie de son bel instrument ; ce n'est pas

d'aujourd'hui enfin que les candidats et les protégés se sont plu à désigner, sous le nom de *belles observations*, les observations faites par les parvenus et les protecteurs, à l'aide de ce qu'on appelait un *beau*, un *riche microscope*. Nous en étions encore alors au temps où l'habit embellissait la personne ; nous en sommes venus heureusement à une époque où la personne fait oublier l'habit, et où rien n'est beau comme le vrai.

529. Il était sans doute flatteur pour le riche, de penser que la richesse d'un instrument fût une si grande puissance : il était encore plus flatteur pour l'homme de loisir, de penser qu'à la faveur d'un riche instrument, on fût capable de trouver de belles choses au prix de si peu de fatigue et de travail ; car si l'homme est avide de savoir, en général il n'aime pas à se donner beaucoup de peine pour apprendre. Mais jusqu'à présent le secret des découvertes faciles nous a échappé : et les épines qu'on arrache du sentier qui conduit à une vérité, vont repousser par milliers sur le sentier qui conduit à la vérité suivante. Mes pauvres riches, que je vous plains ! la vérité n'est pas comme la fortune, elle n'arrive jamais en dormant ; et nous nous en félicitons ; dormir ce n'est pas vivre, car ce n'est pas penser.

530. Il n'y a pas encore longtemps que le microscope de Dellebarre jouissait d'une célébrité non contestée. A sa première annonce, chacun se promit de nouvelles merveilles ; mais quand on voulut y mettre l'œil, on fut porté à croire que, pour faire usage de ce riche instrument, il fallait un art tout particulier que le constructeur ne livrait pas dans la vente ; car à certains grossissements, fort ordinaires du reste, il devenait impossible de rien distinguer, même par un beau jour ; et on en concevra facilement la raison (451), quand on saura que dans le principe, le système optique de l'instrument se composait de cinq verres oculaires, et de cinq lentilles objectives, dont pas une seule n'était achromatisée ; et que ces lentilles étaient susceptibles de s'associer d'abord en quarante combinaisons, et enfin en quatre seulement, ce qui n'en rendit pas la vision plus distincte. Aussi ce microscope, que son auteur avait intitulé *universel* en 1777, finit par ne plus servir à personne, même après les modifications qu'il lui apporta en 1796.

531. Plus tard vint, entre autres instruments, le *beau* microscope d'Adams, lequel eut le privilége ordinaire de communiquer son épithète et sa vogue à bien des observations, qu'on a fini par rayer du catalogue de la science.

532. Les deux microscopes horizontaux d'Amici détrônèrent celui d'Adams en 1823. Quant au microscope horizontal catoptrique de cet auteur, la difficulté de le construire empêcha de l'adopter ; on l'aurait payé trop cher, pour en retirer trop peu d'avantages ; nous en avons manié un très-bien construit par un de nos plus habiles opticiens, feu Jéker, dont le plus fort grossissement ne s'élevait pas au-dessus de 40 diamètres. Le microscope à prisme n'était pas achromatisé, dans le principe, si ce n'est dans quelques-uns de ces instruments, par l'emploi de sept lentilles de même verre placées à la suite les unes des autres, ce qui n'était ni d'une exécution facile ni d'un effet heureux pour la netteté de l'image. Mais déjà par cela seul que cet habile physicien avait fourni au savant le moyen d'observer assis des objets déposés, comme à l'ordinaire, sur un porte-objet horizontal, nos savants académiques prédirent des découvertes nombreuses et d'une portée immense, à ceux qui auraient à leur disposition, pour observer la nature, un microscope de si haut prix.

533. Sur ces entrefaites, Selligue, modeste mais hardi mécanicien, ne reculant pas devant une application qu'Euler avait entrevue, mais que personne n'avait osé tenter, Selligue parvint à achromatiser des objectifs d'un petit diamètre, et à construire un bon microscope achromatisé. Nouveau programme des merveilles que cet instrument allait révéler au monde, et qu'une simple lentille n'aurait jamais pu aborder ; et le microscope d'Amici fut détrôné, jusqu'à ce qu'enfin le physicien italien eut adopté l'achromatisme des lentilles de Selligue, dans la construction de son microscope horizontal. Grâce à la dextérité de nos fabricants de verre, on est parvenu à achromatiser aujourd'hui des lentilles d'un moindre diamètre et d'une forte courbure ; mais c'est là, sous le rapport optique, que se sont arrêtés les perfectionnements ; on ne s'est attaché qu'à modifier la forme. Ainsi quand vous lirez dans les petits bouts de note présentés à la publicité des séances hebdomadaires de l'Académie des sciences : « ces observations ont été faites avec le *beau microscope* de tel fabricant (qui est toujours un fabricant protégé par l'Académie), » vous n'attacherez, à ce protocole obligé, d'autre sens que celui de microscope dont la monture sort des ateliers de tel fabricant plutôt que de tel autre ; et vous aurez le

droit de demander à l'auteur, qu'il soit, dans ses observations, aussi beau que son microscope.

534. Sous le rapport de la forme générale, on distingue deux sortes de microscopes : le *microscope horizontal* et le *microscope vertical*.

535. Micaoscope horizontal (pl 5, fig. 14). Nous avous dit que c'est Amici qui en a donné la première idée, en introduisant, dans la structure du microscope, la réflexion du prisme, dont Newton avait fait usage, dans la construction des télescopes. La figure 14, toute réduite qu'elle est, suffira pour en faire comprendre le principe et le mécanisme.

536. Soit, en effet, la construction représentée par la fig. 14, pl. 5 ; la platine (*pl*) du porte-objet étant horizontale et susceptible de descendre et de munter, au moyen d'une crémaillère, contre la tige (*tg*), contre laquelle glisse à son tour le miroir de réfraction (*m*). Pour que les rayons émanés d'un corps éclairé, sur le porte-objet (*pl*), par le miroir (*m*), puissent arriver à l'oculaire (*oc*), il faudra nécessairement qu'ils se coudent à angle droit. On obtiendra ce résultat par le prisme à angle droit (*pr*), placé perpendiculairement audessus de l'objectif (*ob*), et l'hypoténuse (*hy*) tournée vers l'oculaire (*oc*). Les rayous, en effet, transmis par la lentille objective, qui arriveront perpendiculairement sur la surface inférieure du prisme (*pr*), la traverseront sans subir la moindre déviation, et tombant sur l'hypoténuse (*hy*) par un angle d'incidence de 45°, ils en seront réfléchis sous un angle égal (385), c'est-à-dire qu'ils se couderont à angle droit, traverseront la surface latérale du prisme sans subir aucune déviation, et arriveront à l'oculaire (*oc*), comme s'ils n'avaient pas rencontré le prisme sur leur passage, et que le microscope eût été horizontal ; la marche des rayous lumineux est indiquée par des pointa sur la figure. Si donc l'œil de l'observateur se place en (o) (*), il apercevra l'objet aussi distinctement que si le microscope était vertical ; mais il le verra sur un champ vertical, l'hypoténuse du prisme faisant l'office de miroir, et les objets étant toujours vus dans le prolongement du rayon qui arrive directement à notre œil (386).

537. En conséquence, le mécanisme de ce microscope permettra à l'observateur d'étudier les objets, assis et comme à travers un porte-vue, alors que pourtant ils seront disposés sur un porte-objet horizontal. C'est là l'unique avantage de sa spécialité ; cherchons à en évaluer l'importance, en supposant pour un moment que, dans l'application, la présence du prisme soit aussi peu nuisible à la netteté de la vision, que nous l'avons admis en théorie.

538. On peut également observer les objets assis, en se servant du microscope ordinaire et sans prisme. Remplacez, en effet, dans celui de la fig. 14, l'appareil coudé (*cd*), qui supporte à la fois et les objectifs et le prisme, par le cône seul de l'objectif, qui se vissera dans l'axe du tube (*tu*). Amenez ce tube à la verticale, en le faisant tourner sur la charnière (*ch*) ; le tube sera perpendiculaire au porte-objet (*pl*). Faites tourner alors toute la monture, que supporte la tige (*tg*), sur la charnière (*ch'*), qui la joint à la tige principale (*tg'*), et la tige (*tg*) viendra prendre l'horizontale comme le tube. Il ne s'agira plus dès lors que de diriger la lumière latéralement sur la platine (*pl*), avec le miroir (*m*), pour rendre l'objet visible horizontalement, comme dans le microscope à prisme. Mais la platine étant perpendiculaire à l'horizon, les liquides entraineront l'objet en bas, et l'œil ne les apercevra que dans leur fuite, tandis que, sur la platine horizontale du microscope à prisme, ils restent en place au gré de l'observateur. Cet inconvénient n'aurait pas lieu, si l'on avait soin de fixer l'objet contre le verre, au moyen d'un lut transparent, d'une larme de gomme arabique sirupeuse. L'inconvénient se borne donc au cas où l'on a à observer des liquides ; mais on peut le faire disparaître, en emprisonnant le liquide dans la cavité de l'un des *porte objets à réactifs* (fig. 8, 9, 10, pl. 5). Car, une fois que les deux lames en verre (486) sont exactement appliquées ensemble, l'objet pourra se déplacer selon les positions que l'on donnera aux lames ; mais on ne le perdra jamais de vue, et il ne changera plus, quand une fois il aura été surpris au repos. Au *microscope sans prisme*, nous pourrons donc dès lors l'observer horizontalement et en nous tenant assis, aussi bien qu'au *microscope à prisme*. Celui-ci donc, en dernière analyse, ne l'emportera sur l'autre qu'en amenant plus vite au repos l'objet observé, et en dispensant de l'emploi des porte-objets à réactifs, pour chaque observation que l'on désire effectuer assis et les coudes appuyés sur la table.

539. Or, est-ce là un de ces priviléges qui constituent une réelle supériorité ? Ce serait sans doute un immense avantage que de n'avoir pas à bouger de son fauteuil, alors qu'il s'agit d'observer

(*) Nous supposons que l'on a enlevé la *camera lucida* (*cm*), qui, sur la figure, s'applique par son anneau (*ao*) contre le tube du microscope.

la nature; et sous ce rapport, nous concevrions un instrument supérieur à tous les autres; ce serait celui qui non-seulement permettrait à l'homme de loisir de voir sans bouger de place, mais encore lui apporterait les objets à voir et les disséquerait mécaniquement, pour lui épargner la peine d'une dissection minutieuse. Mais malheureusement la moindre observation exige que l'observateur se dérange, surtout depuis que la méthode d'observer ne consiste plus à voir et à dessiner, et que le microscope est devenu un instrument de laboratoire. Que m'importe donc que vous me procuriez l'avantage de voir assis, lorsque la méthode exige que je quitte tant de fois ma chaise? On nous objectera que cette position est moins fatigante pour la poitrine; que l'on souffre beaucoup à observer les objets verticalement et la tête penchée sur l'oculaire. Nous répondrons que cette fatigue disparaît, lorsqu'on a soin de disposer l'instrument, de manière que l'oculaire se trouve à la hauteur de l'œil; car il suffit d'incliner la tête pour voir, et la poitrine n'éprouve aucune gêne. Nous ajouterons que la poitrine a beaucoup plus à souffrir de l'observation horizontale que de l'observation verticale, lorsque le microscope est placé sur une table ordinaire et à une hauteur convenable aux mouvements des mains. Dans cette position, en effet, les vertèbres cervicales se trouvent fléchies en avant, l'occiput et le larynx en arrière, et l'on ne tarde pas à éprouver une gêne pénible dans toutes les régions du corps. Que si on élève assez le support pour que l'oculaire arrive à la hauteur que réclame la vision face à face, dès lors le porte-objet se trouve trop élevé pour l'usage libre des mains, et aujourd'hui cet inconvénient est d'une gravité non moindre que l'autre; car aujourd'hui on ne doit plus se contenter de voir et de dessiner, mais il faut manipuler.

540. Voulez-vous manipuler? vous vous fatiguez la poitrine. Voulez-vous éviter cette fatigue? il faut renoncer à manipuler. Travailleurs, laissez donc aux hommes de loisir le soin de prôner cet avantage.

541. Nous venons pourtant là de faire une concession dont il faut beaucoup rabattre, si l'on désire rester dans le vrai. A quelque hauteur que l'on place le microscope horizontal, on n'aura jamais autant de facilité, à manipuler sur le porte-objet, qu'au microscope vertical; les mains, en effet, étant beaucoup plus libres dans tous leurs mouvements, lorsqu'elles peuvent opérer à la hauteur de la ceinture, que lorsqu'on est obligé de les tenir à la hauteur des yeux. C'est un inconvénient dont ne s'aperçoivent pas ceux qui ne cherchent qu'à voir au microscope, mais qui ne saurait échapper à quiconque a besoin de disséquer un organe ou de diriger un réactif sur le porte-objet.

542. Enfin, toutes choses égales d'ailleurs, sous le rapport de la netteté des images, le microscope avec prisme est inférieur au microscope sans prisme. Dans le premier, les rayons lumineux, avant d'arriver à l'oculaire, éprouvent quatre sortes de déperditions : trois par les trois surfaces qui sont bien loin de rester aussi fidèles à la théorie que nous l'avons établi plus haut; car les rayons, qui rentrent dans la composition de l'image, ne marchent pas avec l'uniformité exprimée par la ligne ponctuée sur la 14e figure; ils forment un cône, un faisceau, et partant pénètrent et sortent sous différents angles (394). L'hypoténuse n'est pas seulement un miroir, c'est aussi une surface transparente et qui ne réfléchit pas tous les rayons; enfin la substance du prisme en absorbe un certain nombre. *Toutes choses égales d'ailleurs* (*), c'est-à-dire en se servant, dans la construction du microscope à prisme et du microscope sans prisme, des mêmes lentilles oculaires et objectives; par le fait seul du prisme, l'image doit être plus nette et plus pure au second qu'au premier; et il est des détails très-visibles à celui-là qui disparaissent à celui-ci.

543. Remarquez surtout que le prisme n'ajoute rien à la puissance amplifiative de l'instrument, dont sa présence diminue la clarté; en sorte qu'en résumé, le seul avantage de cet instrument se réduit à pouvoir observer horizontalement un objet placé sur une platine horizontale. Lors donc que vous lirez dans un mémoire, même académique, que les observations présentées ont été faites au *beau microscope horizontal d'Amici*, ces paroles sacramentelles devront vous faire comprendre que l'auteur est une de ces bonnes dupes du charlatanisme des opticiens, qui veut à son tour trouver de meilleures dupes parmi ses lecteurs, en se servant d'un mot, dont il suppose qu'ils ignorent la valeur.

544. En conséquence de toutes ces propositions, que nous avons eu soin d'établir en connaissance de cause, nous avons donné la préférence au microscope vertical, en tout ce qui concerne la nou-

(*) C'est ce qu'il ne faut jamais perdre de vue, dans la comparaison des microscopes. Les opticiens, en effet, ont grand soin de ne se servir que de faibles grossissements, quand ils veulent démontrer à l'acheteur le mérite de leur instrument, et sa supériorité sur tel ou tel autre du même genre.

velle méthode ; car nous avons pensé que le travailleur gagnait à observer debout, et que le bonheur d'observer assis ne peut profiter qu'à la paresse, au *bel far niente* de l'homme de loisir.

545. Cependant, comme nous ne sommes rien moins que des hommes à catégories ; que nous ne voulons pas exclure de nos rangs le riche de bonne volonté, nous avons toujours invité les fabricants à joindre la modification de l'*horizontalité* aux avantages du microscope vertical, en brisant la tige de l'instrument ; au moyen des *porte-objets à réactifs*, on remédiera à l'inconvénient qui provient de la verticalité de la platine (486).

546. MODIFICATIONS APPORTÉES DEPUIS QUELQUE TEMPS A LA MONTURE DES MICROSCOPES. Depuis que Selligue eut résolu le problème de l'achromatisme des lentilles objectives d'un petit diamètre, la dextérité de nos fabricants de verre a poussé le travail de ces petits appareils à un degré de perfection qu'on n'aurait jamais pu prévoir d'avance ; et nous pouvons dire aujourd'hui que, sous le rapport du système optique, nul opticien ne peut se vanter d'avoir le privilége exclusif de fournir d'excellents instruments. Avec un peu d'attention et une légère surveillance, il n'est personne qui ne puisse obtenir, de nos *tailleurs de verre*, des combinaisons excellentes et de toutes les espèces de grossissement. La supériorité d'un microscope réside donc tout entière aujourd'hui dans la monture, et c'est ce qu'ont compris les inventeurs, depuis la publication du *Nouveau système de chimie organique*, alors qu'ils ont vu un microscope simple et de la plus grande simplicité, obtenir une vogue qui a fait perdre de vue les instruments les plus riches.

547. C'est donc uniquement la monture qui fait la richesse ou l'utilité d'un microscope. Un microscope riche est donc celui dont les pièces ont été travaillées avec un tel fini, et dont les mouvements s'exécutent au moyen d'accessoires si délicats, que, dans la crainte de ternir tant d'éclat ou de déranger une si admirable machine, on se voit forcé de le placer sous verre, pour le montrer de loin, dans un cours de physique, aux regards inoffensifs des spectateurs. Ce n'est pas assez de 1,500 francs pour se procurer une telle merveille, quand on pense que, pour la confection d'une seule lentille de diamant, la munificence de l'Institut offrait une prime de 2,000 francs. Cependant, dans ces sortes de cas, il serait bon d'exiger du fabricant qu'il se montrât aussi généreux envers ses ouvriers, à qui revient toute la gloire de cette œuvre, que l'on s'est montré mumifique envers lui.

548. Mais qu'on se garde bien, par cet encouragement accordé aux arts, d'aller décourager l'industrie qui ne dépense guère, et l'étudiant qui ne peut rien dépenser ; qu'on ne fasse pas entendre qu'avec le secours seul de ces instruments de luxe, il est possible de découvrir les phénomènes de la nature microscopique, et qu'on ne doit espérer de faire de belles observations qu'à l'aide de ces beaux appareils ; car alors nous serions forcé de passer en revue TOUTES LES MILLE RÊVERIES, dont ces merveilles de l'art ont été, je ne dis pas les complices, mais du moins les instruments, ce qui dépasserait les bornes de cet ouvrage, sans trop amuser nos lecteurs.

549. Le microscope qui s'est annoncé, dans ces derniers temps, avec le moins de prétention, et qui a le mieux tenu ses promesses, sous le rapport du système optique, est certainement celui de Georges et Trécourt. Le grossissement n'en dépassait pas 500 fois, et les images étaient rendues avec une grande pureté. Mais sa monture en chapelle le condamnait à ne servir qu'à la curiosité ; et la manipulation commandée par la nouvelle méthode ne pouvait en tirer un bien grand parti. Aussi n'ont-ils pas tardé à reconnaître cet inconvénient, en apportant à la monture une modification qui ne nous paraît pas plus heureuse ; ils ont attaché, cette fois, trop d'importance à un avantage qu'on peut, à tous les microscopes, réaliser à moins de frais. Ayant remarqué que les ombres de l'objet observé changeaient de côté avec le mouvement de la lumière diurne, qu'à la même place le même objet se trouvait, le soir, éclairé d'une manière différente que le matin, ils ont construit une platine qui tourne sur son axe, de manière à présenter l'objet successivement sous tous les jours, sans qu'on le dérange de place, et sans toucher ni au miroir ni au corps de l'instrument. Le travail de cette pièce porte le microscope à un prix assez élevé, et malheureusement l'utilité n'en est rien moins que réelle ; car, en tournant la tige du microscope double (pl. 5, fig. 1), on peut obtenir le même résultat en un instant, lorsqu'on juge que ce résultat est dans le cas d'offrir une certaine importance. Enfin cette importance est tout imaginaire ; car on peut obtenir la même netteté de l'image sous tous les jours. La plupart des objets organisés se déforment assez vite pour qu'on doive renoncer à les trouver le soir, avec les accidents

qui les distinguaient le matin ; or, s'ils changent si vite d'aspect et de structure, quel si grand avantage y a-t-il à ce qu'ils soient dans les deux cas éclairés sous le même jour ?

550. Les fabricants attachent encore une importance moins méritée à l'usage d'une pièce qui ne laisse pas que d'être d'un prix élevé : c'est une *vis de rappel* destinée à amener la platine (*pl*, pl. 5, *fig.* 1) au foyer (403), par un mouvement doux et par un pas de vis d'une lenteur extrême. On a pensé sans doute, par ce moyen, mettre l'objectif à l'abri des accidents auxquels donne lieu le mouvement trop brusquement dirigé de la crémaillère. Mais, en vérité, ces sortes d'accidents n'arrivent qu'aux débutants, et la *vis de rappel* ne les en préservera pas. En effet, avant de faire fonctionner la vis de rappel, on est obligé d'amener le porte-objet à peu près au point, au moyen de la crémaillère ; or, quand ce point se trouve à une demi-ligne du foyer, on conçoit qu'on puisse le dépasser et toucher la lentille par le moindre effort qu'on ne surveille pas. Que si le foyer est à une plus grande distance, la *vis de rappel* n'apporte qu'une perte de temps de plus ; car, avec deux ou trois petits tâtonnements, une fois qu'on a contracté les premières habitudes de l'instrument, on amène l'objet à point par le mouvement de la crémaillère, ce qu'on n'obtient qu'à force de tourner avec la *vis de rappel :* or, à force de perdre patience, on finit par perdre tout à fait son observation. Nous avons donc proscrit entièrement ce raffinement de procédé, comme ne pouvant que nuire à la marche d'une manipulation microscopique.

551. Il nous reste à parler d'une dernière pièce, dont on a vanté beaucoup l'application au microscope : de la CHAMBRE CLAIRE, que l'observation précieuse a toujours grand soin de désigner par *camera lucida*. Cet instrument est de l'invention de Wollaston, qui l'adaptait à une loupe ou à un microscope composé ; Amici en modifia la structure et en fit l'application à son microscope horizontal. Voici le principe sur lequel il se fonde : Si, lorsqu'on regarde directement, de haut en bas, une feuille de papier placée sur la table, on interpose, entre l'œil et le papier, une lame de verre inclinée sous un angle de 45°, on voit le paysage, qu'on a en face de soi, se peindre sur la surface du papier blanc ; on aperçoit en même temps le crayon qu'on promène sur ce papier ; en sorte qu'on peut calquer les détails du paysage, en suivant les contours des images, qui semblent se peindre aux yeux sur le papier blanc. C'est un effet de la réflexion des rayons, opérée par la lame de verre à angle droit, rayons que l'œil voit toujours dans le prolongement du dernier qui lui arrive, et que, par conséquent, dans cette circonstance, il doit voir de haut en bas. Mais alors les objets sont renversés ; pour les redresser, il faut effectuer la réflexion par deux lames, dont la première ne fasse, avec le rayon visuel vertical, qu'un angle de 22°,5, et l'autre un angle de même ouverture avec le même rayon, et un angle obtus avec l'autre surface. Il faudrait avoir recours aux principes de l'optique, pour faire comprendre la nécessité d'obtenir cette double réflexion, à la faveur d'un prisme solide, taillé de manière à reproduire les effets de ces deux angles par ses surfaces postérieures. C'est un de ces prismes (*pr'*) qui est monté dans l'appareil (*em*, pl. 5, fig. 14), lequel se fixe en glissant par son anneau (*an*), sur la surface du tube de l'oculaire (*oc*) du microscope horizontal. Supérieurement, la monture du prisme (*pr'*) est percée d'une ouverture, contre laquelle s'applique l'œil de l'observateur (*o'*). Le prisme renvoie en (*o'*) les rayons de l'image grossie par le microscope ; et l'œil, qui les aperçoit dans le prolongement du rayon réfléchi (386), voit l'image se peindre dans un champ circulaire éclairé (*ch*), où il peut les suivre du crayon.

552. On a pensé que l'emploi de cet ingénieux instrument, qui est susceptible d'offrir quelques avantages au paysagiste et au dessinateur, serait bien plus utile encore à l'homme qui n'a pas la moindre idée de l'art du dessin ; en sorte qu'à la faveur de la *camera lucida*, chacun, du premier coup, serait en état de dessiner exactement au microscope. Vous entendez, sans doute, d'ici, avec quelle emphase les *savants de loisir* prononçaient ce mot de *camera lucida*, qu'ils se seraient bien gardés de désigner sous le nom de chambre claire ! Eh bien ! on trompait encore en cela le pauvre travailleur ; et malheureusement rien n'est plus vrai que cette chose, qui est que rien, dans l'arsenal d'un cabinet de physique, ne saurait dispenser de l'art du dessin, et que la moindre teinture du dessin linéaire vaut mille fois mieux que la *chambre claire*, la plus claire qu'il soit possible d'imaginer. Car il s'en faut de beaucoup que le crayon puisse suivre les contours aussi exactement que par le calque à la vitre, non-seulement à cause du tremblotement de l'objet, du clignotement des paupières, mais surtout à cause que l'harmonie n'est jamais parfaite entre l'œil qui fixe le prisme et celui qui fixe le crayon ; en sorte qu'à chaque instant on perd le fil du contour, que l'on fait un

angle rentrant ou sortant pour se remettre sur le bord de l'image, et qu'enfin, lorsqu'on retire son papier pour l'examiner de ses deux yeux, on croirait avoir un *specimen* grotesque du savoir-faire du plus jeune griffonneur; que serait-ce, si l'on cherchait à aborder les ombres, au lieu de se contenter du simple contour? Aussi il n'est pas un seul contour obtenu à la *camera lucida* qu'on ait jamais osé livrer à la gravure; on retrace tout en entier de nouveau, comme si rien n'avait été fait. Il est vrai qu'en général ces dessins ont la dimension de l'image, ainsi que ses principaux angles; mais pour se procurer ce petit avantage, il n'est pas besoin de l'appareil de la *camera lucida*. Par le procédé de la *double vue* (496), on l'obtient tout aussi vite, et, après un peu d'exercice, beaucoup plus exactement. Car, en plaçant sur la boîte du microscope une feuille de papier blanc, que l'on fixe de l'œil gauche, en même temps que l'on regarde de l'œil droit dans l'intérieur du tube du microscope, il arrive un instant où l'image se superpose sur le papier blanc, de manière que de la main on puisse en noter tous les détails et les contours. Nous reviendrons sur ce procédé, en nous occupant de l'art de dessiner au microscope; nous ne nous sommes jamais servi que de celui-là, dans tous les dessins que nous avons publiés de notre propre main, et dont, jusqu'à ce jour, malgré la meilleure volonté du monde, l'exactitude n'a jamais été contestée. Méfiez-vous des observations des gens qui cherchent à les appuyer sur l'usage de la chambre claire; car, par ce seul fait, ils font preuve d'ignorance, en supposant qu'ils parlent de bonne foi. Préférez, en tout état de cause, l'œuvre de votre patience et de votre amour du vrai à celle de leur riche *camera*.

553. Un élève de l'École de médecine a eu la pensée d'appliquer au microscope simple la *camera lucida*, que, jusqu'alors, on n'avait adaptée qu'au microscope composé, et il l'a fait avec beaucoup d'intelligence. Ce n'est pas sa faute si ce pantographe microscopique ne fournit pas des résultats plus heureux à l'un qu'à l'autre instrument.

§ III. EMPLOI DU MICROSCOPE; CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES SUR LA MANIÈRE DE SE SERVIR DE CET INSTRUMENT.

554. Lorsqu'on reporte sa pensée sur la série des travaux qui ont été faits à l'aide du microscope, on ne tarde pas à se convaincre que ce n'est pas faute de connaissances dans les sciences mathématiques, physiques et chimiques, que l'emploi de cet instrument a fourni des résultats dépourvus de précision. Les Nollet, les Baker, les Spallanzani, les Fontana, les Hooke, les Buffon, etc., qui se sont longtemps adonnés à l'étude des êtres microscopiques, n'ont jamais manqué de faire l'application de leurs connaissances à l'usage de cet instrument. Mais une idée fatale qui s'empara des esprits, dès l'époque de l'invention du microscope, n'a cesse de présider aux observations, en dépit de la rectitude du jugement de l'observateur; elle a paralysé les efforts des plus habiles, et a inondé la science de systèmes ridicules ou de faits erronés. Dès le moment, en effet, que l'assemblage de deux ou trois lentilles eut permis à l'homme de contempler des molécules inabordables à l'œil nu, son penchant au merveilleux le porta à s'écrier: *Un monde nouveau nous est révélé;* et ce monde lui sembla se régir d'après des lois nouvelles; tout y parut intéressant, mais tout y parut inexplicable; et l'impuissance du microscope se borna à tenir lieu de fantasmagorie dans les cours publics, et d'un simple délassement de travaux assidus dans le cabinet. Si quelques auteurs isolés s'en servaient comme d'un instrument de découvertes, leur méthode d'investigation se bornait à voir et à raisonner, à dessiner et à donner l'explication des figures; et comme personne ne devait contrôler leur travail, ils n'avaient pas senti la nécessité de le contrôler eux-mêmes; ils étaient crus ou au moins cités sur parole, et le meilleur observateur était celui qui dessinait le plus et de la manière la plus agréable. Il est juste de dire cependant que deux ou trois observateurs conçurent la pensée de soumettre les résultats microscopiques aux règles de raisonnement qui nous dirigent dans nos recherches en grand; quelques succès couronnèrent même cette pensée; mais bientôt, fatigués et impatients des premiers obstacles, ils firent de nouveau abnégation de leurs connaissances acquises et de leur jugement, et ils se replongèrent dans le doute, crainte de tomber dans une absurdité.

555. Or la portée de nos yeux n'influe pas sur la nature des corps; ce que je vois à une loupe d'un faible grossissement me paraît évidemment identique avec ce que je vois à l'œil nu; raccourcissons le foyer de la loupe, et par conséquent augmentons le grossissement; je verrai beaucoup plus, mais verrai-je différemment? Cette pierre, dont je reconnais les propriétés à l'œil nu, en acquerra-t-elle de diamétralement opposées, quand je l'aurai divisée en fragments microscopiques?

Digitized by Google

Nou. Pourquoi donc n'expliquerai-je pas les phénomènes que m'offriront ses fragments divisés, par les mêmes lois qui m'expliquaient si bien les phénomènes que m'offrait le bloc intégre ! Si le microscope, au lieu de révéler un monde nouveau, ne fait que rendre abordables à l'œil des particules trop ténues ; s'il ne nous sert qu'à démêler des mélanges trop divisés ; s'il nous permet de pénétrer plus avant dans les organes, rendons cet instrument fécond en découvertes, en soumettant les phénomènes dont il nous rend témoins, à toutes les réactions, à toutes les contre-épreuves, dont nous faisons usage dans nos recherches en grand ; enfin cherchons dans son emploi, non du merveilleux ou des hypothèses ingénieuses, mais des résultats positifs.

556. Ce fut là la première idée qui vint frapper mon esprit, dés les premiers pas que je fis dans la carriére de l'observation. En voyant le micrographe se contenter de dessiner et de découper des organes, le chimiste de les altérer, de les mélanger ou de les détruire, afin de se ménager le plaisir de les retrouver ou de les recomposer de toutes pièces, il me sembla voir deux hommes marchant à leur insu, côte à côte, dans deux chemins qui ne se rejoignent jamais ; et je résolus de ne plus les suivre, mais de les réunir ; de ne plus être, tantôt chimiste, tantôt botaniste, tantôt physiologiste, et tantôt physicien, mais d'être tout cela à la fois et dans toutes les circonstances. Il me fallut donc abandonner les procédés ennuis, et m'en créer de nouveaux ; me tracer enfin des règles nouvelles ; car j'avais à travailler sur un laboratoire tout nouveau.

557. Comme l'ouvrage que nous publions est une application continuelle de toutes ces règles, nous aurons soin de les développer en particulier, dans chacun des chapitres qui doivent faire le sujet de cette seconde section, et qui correspondent à chacun des chapitres de la première (21). Dans ce paragraphe, nous nous bornerons à des généralités pratiques, sur la manière de se servir de l'instrument, et d'éviter les illusions les plus grossières.

558. La première précaution à prendre, dans l'emploi d'un microscope quelconque, est de placer son instrument à une hauteur telle que, pour observer, on n'ait pas besoin de voûter sa poitrine et de trop incliner la tête. Une position gênante enlève à l'observateur et la liberté d'esprit, qui ne s'allie jamais avec l'impatience, et l'aplomb de la main, si nécessaire au dessinateur, lorsqu'il s'agit de saisir au passage tant de traits fugitifs. Debout ou assis, il faut que la main puisse manipuler aisément sur le porte-objet, et qu'elle ait à sa disposition un appui solide, pour calquer l'image ou la mesurer (496).

559. L'instrument doit être placé tout près de la fenêtre, en face du ciel, à l'abri du soleil et de la réverbération des murs des maisons voisines. La lumière la plus favorable est celle qui est directement réfléchie par un beau nuage blanc ; c'est de ce côté qu'il faut braquer son miroir de préférence. La lumière réfractée et tamisée par un temps couvert ne permet jamais d'aborder les grossissements un peu élevés du microscope.

560. A défaut d'un ciel bleu ou d'un nuage blanc, on peut se servir de la lumière d'une chandelle, ou mieux, d'une lampe (car la flamme de la chandelle vacille trop), et, mieux encore, d'une de ces lanternes sourdes qui ne projettent la clarté qu'horizontalement : car c'est un grand avantage, dans l'un ou dans l'autre moyen d'éclairage, d'avoir les yeux dans l'ombre, et de n'éclairer que l'objet à observer ; la vision microscopique n'en est que plus distincte.

561. On s'habitue à l'observation, en commençant par le plus faible grossissement du microscope simple (pl. 5, fig. 5), qui, dans le microscope double (459), a un pouce de foyer, et s'obtient au moyen de la lentille n° 15. On enlève le diaphragme (fig. 1, *dd*), pour avoir moins à tâtonner dans la recherche de l'objet. On place, sur le porte-objet en verre (*pb*), un petit corps aperçevable à l'œil nu : une graine, un insecte, une petite fleur ; et on fait monter ou descendre le porte-objet, en tournant le bouton (*b*), jusqu'à ce qu'on soit arrivé à amener l'objet, à un point que l'on juge être celui de la vision la plus distincte ; de telle sorte que tous les détails en apparaissent dans un relief franc et décidé. Si l'objet était trop épais, et qu'après avoir descendu le porte-objet, aussi bas que le permet la longueur de la crémaillère intérieure (465), sa surface supérieure se trouvât encore en deçà du foyer, on n'aurait qu'à tirer le pivot (*p*) de son fourreau, pour amener la lentille à la distance convenable.

562. C'est par l'observation à ce faible grossissement, qu'il faut préluder à l'emploi des grossissements plus élevés. Du reste, le mot de faible grossissement est un de ces mots qui sont impropres, faute d'être bien définis ; le grossissement désigné comme le plus faible, est aussi fort que

tout autre, par rapport aux dimensions de l'objet qu'il nous permet de voir. Une lentille est faible de courbure, longue de foyer; mais elle grossit suffisamment tout ce qu'elle nous fait voir d'une manière distincte. Ne cherchez pas à vous servir des plus courts foyers, pour observer des objets d'un grand diamètre; vous distingueriez tout aussi peu qu'en soumettant des objets du plus petit diamètre à des lentilles à long foyer; on ne doit pas plus déplacer une lentille qu'une capacité intellectuelle : l'une et l'autre ne fonctionnent qu'à leur place.

563. Car les rayons utiles à la vision microscopique étant ceux qui s'écartent le moins du parallélisme, il s'ensuit que le diamètre de l'objet, dont la lentille doit agrandir l'image, doit égaler environ le champ de la lentille, qui donne le moins d'aberrations de sphéricité et de réfrangibilité, et que son épaisseur doit être telle que les deux surfaces, l'inférieure et la supérieure, par rapport à l'observateur, puissent être considérées, comme étant toutes les deux au foyer de la lentille. Je ne vous dirai pas : Ne placez pas un fragment de 4 millimètres de diamètre sous une lentille de 2 millimètres de foyer; car vous vous exposeriez, à force de vouloir voir en avançant le porte-objet, à briser la lentille, et même une lentille de diamant, petit accident qui n'arrive pas seulement à des membres de l'Institut encore novices (417). Mais ayez soin de ne grossir les images qu'autant que s'y prête l'objet; autrement, une zone de l'objet se trouvant au foyer, quand les autres resteront en deçà ou s'élèveront au delà, l'image qui arrivera à votre œil sera la somme d'une portion de réalité et de diverses négations visuelles. Soit, par exemple, un grain de fécule de pomme de terre, qu'a une simple lentille d'une ligne du microscope simple, vous apercevrez avec l'aspect et les dimensions de la fig. 1, pl. 6, et avec des stries intérieures qui se dessinent sur la surface. Si vous placez, au contraire, la même fécule sous l'objet d'un microscope composé qui grossisse trois à quatre cents fois, ces belles perles, si pures et si limpides, se creuseront tout à coup, vers leur centre, en un godet analogue aux contours, et se sillonneront de cercles concentriques en creux et en relief, comme on la voit sur la fig. 28. Cette image sera donc fausse, quel que soit du reste le mérite de l'instrument; et cela viendra de ce que toute la portion culminante du grain de fécule se trouvant au-dessus du foyer, reste invisible, et, partant dans l'ombre, et que ce qui est ombre, sur un champ éclairé que l'on considère de haut en bas, doit paraître creux.

564. Après s'être façonné la vue au moyen d'une lentille d'un pouce, on cherche à se faire successivement à l'emploi des lentilles suivantes, en se servant d'objets de plus en plus petits : de grains de sable, de cristaux grossièrement pulvérisés, et enfin de cheveux, de poussières de papillon, principalement du papillon de chou (pl. 18, fig. 3 et 4), non-seulement parce que ce papillon est le plus commun, mais encore parce que ses écailles aplaties et transparentes se prêtent mieux à la réfraction.

565. On passe ensuite au maniement du microscope composé, en ayant soin de commencer par les grossissements les plus faibles, même par des grossissements plus faibles encore que le premier du microscope double : car ce sont, en *chimie organique*, les lentilles du plus long foyer, qui s'opposent le moins à la manipulation. On peut se procurer, chez le fabricant, un jeu d'objectifs qui donne un grossissement de 50 diamètres seulement, et dont la distance focale est, par conséquent, fort longue (400).

566. Une fois qu'on a contracté l'habitude de ce foyer, on n'a plus besoin que d'une plus lente précaution, pour aborder avec succès les foyers plus courts; mais qu'on emploie les uns et les autres, on ne doit être sûr d'avoir bien vu, que lorsque l'image offre des contours nets, et d'un noir pur de pénombres. Si, malgré tous ces tâtonnements de va-et-vient, on ne parvenait pas à obtenir ce bel effet, ce serait la faute du microscope, ou celle de quelque impureté de la surface de la lentille, qu'il faudrait nettoyer, soit avec une goutte d'eau, soit avec une goutte d'alcool et un linge en mousseline non empesée.

567. On est sûr que les lentilles sont d'une bonne fabrication, et dans un état suffisant de propreté, lorsqu'au grossissement de 300 diamètres les stries longitudinales de la poussière du papillon de chou (pl. 18, fig. 4) se présentent comme tout autant de rangées de faîtières, si je puis m'exprimer ainsi, ou bien comme les nervures des glumes des Graminacées examinées à la loupe et par réfraction. Quant à l'autre espèce de poussière (fig. 3) qui se trouve sur le même papillon, il faut que les stries soient courbes, bosselées, et que l'on distingue parfaitement bien, et le pompon (α) qui se loge dans l'échancrure, et les fibrilles radiculaires (β) qui en terminent la pointe.

568. Jusque-là nous n'avons établi aucune distinction, entre l'observation par réfraction et

l'observation par réflexion ; elle est pourtant tranchée au microscope. Pour que le rayon de réflexion (456) arrive à la lentille qui se trouve dans la verticale de l'objet, il faut nécessairement, en vertu de l'égalité parfaite des angles d'incidence et de reflexion, que ces deux rayons fassent, avec la normale, un angle fort aigu. Mais alors il faut aussi que l'objet se trouve placé à une assez grande distance de la lentille, si l'on ne veut pas que la lentille, par sa monture, et même par sa seule surface, arrête au passage le rayon qui arrive du foyer lumineux, pour être réfléchi par la surface de l'objet qu'on observe. De là vient que plus le foyer du grossissement se raccourcit, et plus l'objet se plonge dans l'ombre, en sorte qu'au microscope composé on arrive à ne plus rien distinguer, si l'on ne veut observer que par réflexion. Pour remédier à cet inconvénient, on fait usage de prismes, de miroirs concaves ou de lentilles, qui dirigent et concentrent sur l'objet, les rayons, que ces appareils interceptent à une certaine distance de l'objectif. Mais ces instruments, en projetant un plus grand faisceau de lumière sur l'objet, ne peuvent l'éclairer que par une incidence que n'intercepte pas la monture des lentilles; sans cela les rayons arrivant trop obliquement sur l'objet, pour que la réflexion se trouve dans l'axe du microscope, l'objet, inondé de lumière, quand on l'examine à l'œil nu, se perd dans l'ombre, si on le cherche au microscope ; et malgré tous les perfectionnements apportés aux miroirs réflecteurs, il faudrait désespérer de soumettre l'observation aux grossissements supérieurs fort ordinaires, si son opacité ne le rendait susceptible d'être distingué que par réflexion. Il en est tout autrement si la substance en est transparante en tout ou en partie ; car alors il sera facile d'en étudier la structure, en l'observant à travers jour, au moyen de la lumière des nuages ou de la lampe, ou, ce qui est plus facile, par la réflexion d'un miroir mobile dans tous les sens, qui se trouve au bas du microscope, ce qu'on appelle observer par *réfraction* ou par *transmission des rayons lumineux*. Les corps transparents sont observables par réfraction à tous les genres de grossissements ; les corps opaques, au contraire, qu'on ne saurait étudier que par réflexion, sont d'autant moins visibles que le grossissement est plus fort. A certains numéros même, en employant les miroirs réflecteurs les mieux construits, il faut désespérer aujourd hui d'observer les corps opaques.

569. J'ose même avancer, d'après ma propre expérience, qu'on parvient à voir beaucoup mieux les corps opaques, à des grossissements élevés, sans miroirs réflecteurs, qu'à leur aide, pourvu que l'œil ne reçoive d'autres rayons lumineux que les faibles rayons qui lui arrivent de l'intérieur du microscope, et qu'il attende quelques instants pour se former à ce crépuscule, et élargir sa pupille sous l'influence de cette complète obscurité ; car dès ce moment on distingue des reflets caractéristiques, qui de prime abord étaient inapercevables. Jamais je n'observe les corps opaques autrement ; et je n'aurais jamais pris le parti de faire entrer la lentille réflective (fig. 6, pl. 5) au nombre des pièces du microscope double (459), si je n'avais dû en conseiller l'usage que dans ce cas ; mais elle avait à mes yeux le mérite de pouvoir échauffer et brûler même les petits objets au microscope ; ce qui lui donne une certaine importance en fait de manipulations chimiques.

570. On doit prendre garde de ne jamais poser une loupe ou un porte-lentille, par le côté du verre, sur une table ; car la silice se trouve fréquemment au nombre des fragments de poussière, et la lentille se rayerait, sur les angles de ces poussières, au moindre déplacement. Lorsque la poussière a pénétré dans le fond du cône où se trouve placée la lentille, on l'enlève avec un pinceau très-doux et jamais avec un linge, crainte de rayer le verre par le frottement. Si l'on ne trouve pas de pinceau sous la main, on démonte le porte-lentille et on en lave le verre à l'eau distillée, dont on a toujours à sa disposition une petite provision, dans l'un des *flacons à l'émeri* de la table laboratoire (532). On essuie alors le verre avec une mousseline usée, mais non empesée.

571. C'est un grand point, que de savoir diriger la lumière sur l'objet, d'une manière favorable à la vision ; et afin d'en contracter plus facilement l'habitude, il sera bon d'observer le même genre d'êtres, en promenant le tube du microscope successivement sur toute la surface du porte-objet. Car à chaque pas de vis, qui poussera en avant ou ramènera en arrière le tube du microscope (pl. 5, fig. 1), à chaque mouvement qui fera pivoter le levier horizontal (*lv*), de gauche à droite et de droite à gauche, on sera obligé d'amener un trou différent du diaphragme (*dd*), sous l'axe du tube, et de faire coïncider avec le même axe le foyer du miroir concave (*m*), dont la monture tourne autour de la tige (*tq*), et se coude en (*cd*) dans cette intention. On observera alors que la même quantité de lumière ne convient pas à tous les

objets, et que pour arriver à en éclairer un convenablement à toutes les heures de la journée, il faut, et changer à chaque fois la distance du diaphragme au porte-objet, et rétrécir même l'ouverture de la lame inférieure du diaphragme, en la recouvrant en partie par les bords de la fente de la lame supérieure. Quant à la distance et à l'inclinaison du miroir, ce sont deux conditions qui dépendent de l'intensité de lumière des nuages, et de l'azimut d'où vient le jour : toutes conditions qu'on apprend à remplir par l'usage et la manipulation. C'est faute d'avoir connu ces principes, que la réfutation officielle (*) a imprimé en grosses lettres, il y a quelques années, qu'un tissu était soluble dans l'eau ; le microscope, en effet, dont elle se servait encore novice, étant privé d'un diaphragme et inondé de lumière, ne permettait plus de voir dans le liquide les objets tenus en suspension ; Berzélius ne manqua pas d'inscrire la dénégation au rang des vérités démontrées.

572. Le miroir que nous avons adapté au microscope double, est concave d'un côté et plane de l'autre. Celui-ci ne doit être employé que pour réfléchir la lumière solaire que l'autre concentrerait sur l'objet, comme en un foyer, ce qui l'échaufferait, et le brûlerait même, au lieu de l'éclairer. Au moyen du miroir concave, on peut se servir de la lumière solaire, pour amener à l'ébullition le liquide dans lequel est plongé l'objet de l'observation ; on enveloppe alors les objectifs (*ob*), du manchon en verre (fig. 13), et on tourne la virole, jusqu'à ce qu'on ait rencontré une portion du verre, qui laisse parvenir aux lentilles les rayons lumineux sans déviation.

573. Nous avons fait remarquer (437) que le microscope composé renverse les images, et fait voir à droite ce qui est à gauche, et en arrière ce qui est en devant; cet effet déjoue tous les mouvements du manipulateur, lorsqu'il débute au microscope. Mais après un certain nombre d'exercices, on se fait tellement à cette circonstance, que, même sans y avoir réfléchi, on se sert de la main gauche, pour faire parvenir la pointe du scalpel à droite de l'objet qu'on aperçoit au microscope, et de la main droite pour atteindre le côté gauche du même objet. On ne doit jamais perdre de vue la loi du renversement des images, lorsqu'il s'agit de déduire la forme générale d'un corps, du jeu de la lumière qu'il réfracte; sans quoi l'on s'exposerait souvent à prendre une pyramide creuse (pl. 8, fig. 12, *a*), par exemple pour une pyramide en relief, et *vice versâ;* ce qui n'arrivera pas, lorsque la direction, selon laquelle la lumière est réfléchie sous l'objet, étant connue, on saura que les faces de la pyramide creuse sont éclairées à l'opposé de celles de la pyramide saillante. On ne perdra pas de vue non plus les effets de la lumière réfléchie par les faces de l'objet, que l'on éclaire principalement par réfraction; et pour se préserver de cette cause fréquente d'illusion, on enveloppera les lentilles avec l'*abat-jour* (fig. 12, pl. 5), que l'on descendra jusque sur la surface du porte-objet, pour intercepter tous les rayons de la lumière obscure qui se glisseraient sur l'objet, entre l'objectif (*ob*) et la platine (*pl*, fig. 1).

574. Les objets, surtout ceux de nature organique, doivent toujours être décrits, en les observant plongés dans un liquide, dont la surface puisse être considérée comme parallèle à la lame du porte-objet; on étend en conséquence la goutte de liquide; et même afin d'avoir un parallélisme plus durable et plus complet, on le recouvre d'une lame de verre soufflé très-mince, ou bien d'une lame de *mica*. On se procure des lames de verre de ce genre, avec des débris de boules soufflées (375), que l'on ramollit au feu, et qu'on laisse s'aplatir d'elles-mêmes sur une lame de métal un peu chaude. Sans toutes ces précautions, la goute de liquide serait exposée à jouer le rôle de lentille (410), et à dévier, de l'axe du microscope, les rayons qui éclairent l'objet.

575. La nature du liquide, dont on doit faire usage, pour l'inspection d'un objet, est indiquée par la solubilité et l'indice de réfraction (396) de celui-ci, c'est-à-dire que l'on se sert d'un liquide, dans lequel le corps n'est pas soluble en tout ou en partie, et dont le pouvoir réfringent est analogue à peu près au sien. La première condition lui conserve ses formes naturelles, la seconde son aspect. Car si le milieu, dans lequel on observe un objet par réfraction, est d'un pouvoir réfringent différent du sien, l'objet paraîtrait noir, de diaphane qu'il est, à cause de la double déviation que subiraient les rayons lumineux, en passant du liquide dans l'objet par sa surface inférieure, et en sortant de l'objet pour rentrer dans le liquide par la surface supérieure.

576. Soit, par exemple, une gouttelette d'eau attachée à la lame du porte-objet et visible en entier au microscope; elle apparaîtra toute noire, et seulement percée comme d'un trou au centre;

(*) Voyez *Annales des sciences d'observation*, tome II, p. 104, 1829.

car, avec sa forme sphérique, elle ne laissera parvenir presque, à l'objectif, que les rayons lumineux qui se rapprochent le plus de son axe, rayons qui subissent la moindre réfraction (404). Supposons maintenant une bulle d'air dans l'eau ; par la même raison, cette bulle d'air prendra l'aspect de la gouttelette d'eau observée dans l'air ; elle apparaîtra comme une bille noire, à cercles concentriques chatoyants, et percée d'un trou lumineux au centre (pl. 8. fig. 12 *a'*) ; et il n'est pas rare de trouver dans les micrographes, même les plus estimables, de pareilles bulles prises pour des organes perforés (*).

577. Observons dans l'air un organe, dont le pouvoir réfringent se rapproche de celui de l'eau pure, un grain de fécule, par exemple (pl. 6) ; il prendra l'aspect, tout limpide qu'il est, de la bulle d'air observée dans l'eau : ce sera une vésicule noire, éclairée à son centre d'un point blanc lumineux concentrique à ses contours (fig. 21, 22), et qu'à la première vue bien des physiciens ont été tentés de prendre pour une perforation. Tout cet aspect si étrange disparaîtra, comme par enchantement, en couvrant le grain de fécule d'une nappe d'eau ; cet organe revêtira dès lors et l'aspect, et la limpidité d'une belle perle de nacre (fig. 23), si l'on ne se sert pas du diaphragme, pour diminuer l'intensité de la lumière ; et offrira des bords plus prononcés et des accidents de surface plus distincts (fig 1, 3, etc.), si on laisse arriver la lumière sur lui avec plus de parcimonie.

578. Dans l'alcool, le grain de fécule paraîtrait plus noir, de même que les granules de graisse (pl. 10, fig. 32, 33) vus dans l'eau. C'est-à-dire, en thèse générale, que les objets noircissent d'autant plus que le milieu, dans lequel on les observe plongés, a un *indice de réfraction* plus éloigné du leur.

579. Il en sera de même de deux liquides que l'on mêlera ensemble au microscope. L'un formera dans l'autre des stries d'autant plus prononcées, que leur pouvoir réfringent sera plus distinct, jusqu'à ce qu'enfin le mélange intime des deux se soit accompli, et que la densité de la masse soit devenue homogène. C'est ce qu'on pourra observer, en versant une goutte de sucre sirupeux dans l'eau du porte-objet, ou même de l'éther et de l'alcool, ou bien enfin de l'eau à une température élevée, celle du porte-objet se trouvant à la température ordinaire. Si l'on fait arriver la première dans celle-ci, par l'orifice d'un tube effilé à la lampe (fig. 20, pl. 3), elle fera l'effet d'un petit cil vibratile qui terminerait l'orifice ; ce qui durera jusqu'à ce que les deux températures se soient corrigées l'une par l'autre, et que le mélange se soit accompli.

580. Il arrive souvent que les corpuscules microscopiques, tardant à se mouiller, restent suspendus à la surface du liquide, au sein duquel on désire les observer. On tomberait dans une grande erreur si l'on négligeait cette circonstance ; car on attribuerait, à la différence du pouvoir réfringent du liquide, un aspect qui ne provient que de la différence du pouvoir réfringent de l'air ambiant, dans lequel ces objets restent réellement plongés. En ayant soin de recouvrir le liquide d'une lame de verre ou de *mica*, on évite cet inconvénient, et l'on est sûr de cette façon de voir l'objet plongé dans le liquide.

581. Sur la foi des physiciens, les micrographes ont l'habitude de dire qu'au moyen du microscope achromatique, on voit les objets avec leur coloration naturelle ; c'est une erreur grave qui vient d'un malentendu. L'achromatisme a la propriété de faire parvenir à l'œil, sans décomposition, les rayons lumineux qui émergent d'un objet éclairé vers l'objectif. Mais cet objet qu'on éclaire par réfraction, n'est rien moins qu'achromatisé ; les rayons qui le traversent y subissent diverses aberrations, selon la courbure des accidents de leur surface et selon leur indice de réfraction (396). D'où il suit que la réfraction les colore au microscope même achromatique, d'une couleur qu'ils n'ont pas, lorsqu'on les éclaire par la réflexion ; et de là vient que les membranes animales, du plus beau blanc à la vue simple, paraissent toujours jaunes sur le porte-objet, lorsqu'on les observe par transparence ; c'est-à-dire que du rayon blanc que le miroir concentre sur leur surface inférieure, ils ne laissent parvenir à l'objectif achromatique que le rayon jaune. D'autres corps organisés d'une courbure plus forte ou d'un pouvoir réfringent plus différent, s'entourent de franges colorées, que l'achromatisme transmet à l'œil comme il les reçoit. En combinant l'observation par réflexion avec l'observation par réfraction, on aura le moyen de reconnaître et la coloration naturelle de l'objet, et les caractères de sa réfrangibilité.

582. Les accidents de surface d'une membrane jouent le rôle de lentilles convergentes et divergentes, et peuvent donner le change à l'observa-

(*) Leuwenhoeck, *Arcan. nat.* ep. 74, p. 332, fig. 20, H.

teur peu expérimenté, sur la structure de son organisation intime; il ne faut jamais perdre de vue cette circonstance, dans l'évaluation rationnelle des images, dont on cherche à confier les formes au papier. Une bulle d'air, emprisonnée entre la lame de verre et la membrane, prendra l'aspect d'une cellule d'un tissu, tant que la membrane restera recouverte d'une couche de liquide; et lorsque la dessiccation multipliera les points d'adhérence de la membrane au verre, cette bulle d'air, obéissant à la pression, fuira dans différents sens et en ramifiant son volume de manière à simuler une vascularité. Pour s'assurer de sa présence, on n'aura qu'à presser la bosselure avec la pointe de l'aiguille; car on verra distinctement alors que cette prétendue cellule est sans parois. C'est faute d'avoir apprécié cette circonstance, que la micrographie académique a pris si longtemps des bosselures pour des globules disposés en chapelet, et ces chapelets de bulles d'air pour les fibrilles élémentaires des tissus organisés.

583. Si ces bosselures se rapprochent de la forme sphérique, ou bien si elles proviennent de globules réels attachés accidentellement à la surface de la membrane, ou inhérents à son organisation, par la manière dont ils réfracteront la lumière (404), ils auront l'air d'être tout autant de perforations; l'observateur verra un trou dans la transparence de l'axe; et c'est à cette illusion que la science a été si longtemps redevable de l'existence des tubes poreux (*), dont on n'ose plus parler aujourd'hui.

584. Un corps opaque placé sous une membrane transparente, sera dans le cas de prêter à celle-ci, avec son ombre, des caractères étrangers que l'on croira inhérents à son tissu ou à sa surface. C'est une illusion analogue qui a légué à la physiologie végétale ses *tubes fendus* et ses *fausses trachées*.

585. Le moindre pli de la membrane présentera ses caractères d'une fente; le moindre enfoncement celui d'une ouverture, dont les bords sembleront se rapprocher ou s'écarter, selon que la membrane se desséchera ou s'humectera de liquide, c'est-à-dire se creusera ou se distendra.

586. Les gouttelettes d'huile essentielle, de graisse et d'huile fixe, en se déposant sur la surface d'une membrane, la paveront, pour ainsi dire, de globules qui simuleront un tissu granulé. Ces globules disparaîtront dans l'alcool et dans l'éther, et se conserveront, au contraire, dans l'eau. Les globules qui couvrent les tissus de la fig. 2, pl. 11, ne sont que des gouttelettes de graisse abandonnées par l'alcool, sur la surface de la membrane.

587. C'est enfin en ne perdant jamais de vue les effets combinés de la réflexion et de la réfraction, qu'on parviendra à se préserver des illusions microscopiques, et à déterminer la vraie nature des objets, par leur seule apparence. C'est en raisonnant au microscope, d'après les principes d'investigation qui nous dirigent dans nos jugements à l'œil nu, que nous pourrons donner aux résultats de l'observation microscopique les caractères d'évidence qui distinguent nos observations en grand.

Or qui voudrait prononcer que ce châssis lointain, qui laisse passer librement la lumière, soit dépourvu de verre, et tout à fait à claire-voie; que ce globe soit perforé au centre; qu'il n'est lumineux que sur ce point? Comment réfute-t-on de pareilles illusions dans les observations à l'œil nu? N'est-ce pas en confrontant ce que l'on voit avec les souvenirs de ce qu'on a vu, en contemplant l'objet sous différents jours, et en faisant varier de la sorte le jeu de la lumière; en observant le soir, en observant le matin, enfin à toutes les heures de la journée, qui impriment à l'objet un nouvel aspect? Eh bien! au microscope, où l'observateur ne saurait se déplacer, il faut déplacer de mille manières l'objet et projeter le jour sous différents angles; et on doit raisonner encore plus rigoureusement qu'à l'œil nu. Qu'on reproduise par le dessin tous les aspects, sous lesquels on a varié l'image de l'objet, qu'on les reproduise avec la servile exactitude d'un homme dont tout le talent d'observation serait au bout de ses doigts et de son crayon; qu'on se demande ensuite par quelle forme on pourrait reproduire en grand les images qu'on vient d'obtenir au microscope, dans toutes les positions données par le dessin; et si l'on parvient à la déterminer, on aura atteint le secret de l'observation microscopique: car les lois de la lumière ne changent pas avec les dimensions des corps; il doit en être de même des lois du raisonnement.

588. Je terminerai ces considérations générales, par l'évaluation d'une espèce d'illusion, qui n'est, en définitive, qu'un simple enfantillage, mais qui pourtant, il y a environ huit ans, n'en a pas moins acquis une importance académique et solennelle (**). Ces messieurs, en effet, protecteurs

(*) Voyez *Nouveau système de physiologie et de botanique*, § 633.

(**) Voyez *Annal. des sciences d'observation*, tom. I, p. 257, 1829.

et protégés, avaient vu, dessiné et compté, presque un à un, les animalcules spermatiques des plantes, qui avaient échappé jusque-là aux recherches des plus laborieux observateurs. Ils les reconnaissaient à un mouvement lent et gradué, qui, sans offrir tous les caractères des mouvements spontanés, ne laissait pas que d'être distinct à un œil exercé et habile. Ces messieurs durent sans doute accuser notre œil d'être complétement privé de ces deux belles qualités, lorsque, dans notre audace grande, nous vîmes dire, au milieu même de l'assemblée, que ces prétendus animalcules n'étaient que des gouttelettes d'huile essentielle plus ou moins mêlée à une résine, et souvent des globules glutineux imprégnés d'un acide qui les arrondissait; qu'enfin ces mouvements en apparence spontanés n'étaient pas même des mouvements automatiques: qu'un enfant ne se méprendrait pas sur la nature de ces mouvements, en voyant flotter les fragments de liége sur la surface de l'eau de nos bassins. Jugez de la colère académique, à l'audition de telles impertinences, d'autant plus insultantes qu'elles avaient déjà l'air d'être l'expression de la vérité. On se récria bien haut, on écrivit beaucoup avec des plumes occultes et dans les journaux incompétents; mais pourtant on sentait qu'il fallait se rendre; on n'attendait qu'une heureuse transition. Rob. Brown vint leur offrir cette planche de salut; il les sauvait en renchérissant sur leur idée: « Ce que vous avez vu et ce qu'on vous nie, leur dit-il, n'est qu'un cas particulier d'une grande loi, que je viens de découvrir à mon tour. On vous a donné tort, parce que vous n'avez dit de la vérité qu'une bien minime partie. Ce ne sont pas seulement les granules de pollen qui jouissent d'un mouvement spécial, ce sont toutes les molécules de substance que l'on surprend à la surface d'un liquide; la limaille de fer elle-même est douée d'un mouvement admirablement caractérisé. » Et en lisant, avec le plus grand sang-froid, toutes ces choses, Rob. Brown ne faisait rien moins que le mauvais plaisant, comme nous fûmes tenté, de prime-abord, de le croire; il parlait très-sérieusement, sans envie de persifler et de faire une malice. Nos savants le prirent, à leur tour, sur le même ton, ils accueillirent cela avec le même sérieux que la nouvelle loi de l'*endosmose*; l'on se crut heureux d'avoir, pour se tirer du premier mauvais pas, la ressource de se tenir fixe dans un autre. Il est des positions où le savant se trouve invulnérable: ce sont celles qu'on ne peut prendre d'assaut qu'en éclatant de rire; comment, en effet, s'y prendre pour réfuter sérieusement l'annonce de Robert Brown? Il n'y avait qu'un moyen, c'était de demander qu'il plût à l'Académie d'étendre ce privilége à des molécules de plus grande dimension, de ne point laisser le monopole de la loi Rob. Brown aux grossissements de cent cinquante diamètres, et de déclarer, qu'à partir de ce jour, les bouchons de liége, taciturnes et immobiles tant qu'ils séjournent sur la table du buveur, acquièrent une puissance subite de locomotion, dès que celui-ci les jette à la rivière, et qu'ils se dédommagent alors fort amplement de leur trop longue immobilité.

Que voulez-vous? nous avons eu soin de vous prévenir que nous vous dirions des enfantillages; pardonnez-les-leur, mais ne les imitez pas; et afin d'éviter à l'avenir d'être dupes d'une illusion semblable, recherchons les causes qui, au microscope, sont capables de prêter à des mouvements passifs automatiques l'apparence d'un mouvement spontané.

589. 1° Toutes les fois que vous placez une goutte de liquide sur le porte-objet du microscope, par suite de ce seul déplacement, il s'établit, dans ce petit océan, un mouvement qui doit nécessairement se traduire en deux courants inverses, c'est-à-dire en un courant circulaire qui va d'abord de bas en haut, et ensuite horizontalement. Les corps microscopiques à demi plongés dans le liquide, et qui nagent, pour ainsi dire, entre deux eaux, obéiront au premier; les corps, au contraire, suspendus à la surface du liquide obéiront au second. Dans le principe, ces courants ont la vélocité de la tempête, et font passer les corpuscules sous l'œil de l'observateur avec la rapidité d'un torrent; mais quelques instants après ce tourbillon s'apaise, et les corpuscules, devenus plus calmes, défilent et voguent, avec une lenteur et une régularité de locomotion qui semblerait venir de leur fait.

590. 2° Il en est de même, lorsque des corpuscules ou des petits cristaux de sels sortent avec explosion d'une cellule, d'un vaisseau béant, ou d'un organe qui se vide; il se produit, à l'orifice, un tourbillon, une espèce de remous, qui entraîne tous les corpuscules dans le courant, et qui, en se ralentissant, leur imprime des mouvements plus variés et les abandonne à des directions plus illusoires. Spallanzani avait très-bien décrit les effets de ce mouvement sur les granules qui sortent pendant l'explosion du grain de pollen, avant que nos observateurs académiques s'en fussent rendus dupes.

591. 3° Nous aurons à nous occuper, dans le cours de cet ouvrage, des mouvements imprimés au liquide par les organes de la respiration des infusoires, et des vorticelles surtout; s'il arrivait que l'un de ces animaux se trouvât tapi dans un coin de la gouttelette microscopique, ou sous un bloc de débris inorganisés, hors du champ visuel du microscope, il déterminerait dans le liquide des courants qui, faute par nous d'en apercevoir la source, imprimeraient, aux corpuscules inanimés suspendus à la surface du liquide, des mouvements en apparence spontanés.

592. 4° Par la même raison, si le courant rencontre, sur les limites du champ visuel du microscope, un grain de sable qui élève sa cime, comme un îlot, au-dessus de la surface, les corpuscules, entraînés par le flot qui tourne l'obstacle, sembleront prendre une direction de leur propre choix, comme un animal qui change d'idée.

593. 5° Les courants qui peuvent donner lieu aux illusions les plus trompeuses, sont ceux d'une moindre lenteur, et qui échappent à la vue; les corps qu'ils entraînent paraissent d'autant plus obéir à une locomotion, qui serait de leur fait, que le petit océan qui les supporte est plus calme; mais on les voit alors voguer de compagnie à une distance toujours la même, et comme à une distance d'étiquette, ne se rapprochant ni ne s'éloignant jamais les uns des autres de la plus minime fraction, s'arrêtant brusquement en masse, et reprenant leur marche tous à la fois, non comme le ferait un troupeau discipliné, mais bien comme ces petits régiments automates que la même dent d'une roue fait avancer ou reculer brusquement. C'est une lame d'eau parsemée de globules, c'est un radeau qui vogue; ce ne sont pas des globules qui voguent dans l'eau.

594. 6° Le mouvement imprimé à la table par les mains de l'observateur ou par les secousses ordinaires des maisons placées sur la voie publique, est propre à mettre la goutte d'eau, et partant les corpuscules qui la surnagent, dans une agitation, contre les illusions de laquelle l'observateur doit se tenir en garde à chaque instant. Le souffle seul est dans le cas de susciter une petite tempête dans le liquide, à plus forte raison de déterminer des mouvements plus illusoires, s'il arrive moins fort sur le porte-objet.

595. 7° Remarquez que le microscope, grossissant le trajet et les distances, sans allonger le temps qu'un corps met à les parcourir, doit, par conséquent, grossir les mouvements des corpuscules suspendus sur un liquide agité, et leur imprimer une rapidité entièrement apparente.

596. 8° La convexité de la goutte observée entraîne, vers les bords, tous les corpuscules déposés à la surface, qui se trouve sous le champ visuel du microscope; et ces corpuscules semblent alors prendre une direction spontanée, les uns à gauche et les autres à droite de l'observateur.

597. 9° Comme l'évaporation continuelle d'un liquide change à chaque instant le niveau de la gouttelette observée, il s'ensuit que les corpuscules se mettront d'autant plus en mouvement que la température sera plus élevée, et que le liquide sera plus volatil. Une goutte d'alcool versée dans l'eau produit une tempête des plus violentes au microscope. Les mouvements de l'éther sont si forts et l'évaporation en est si rapide, qu'on n'a pas même le temps de chercher à voir ce qui se passe; tout est fini quand on regarde.

598. Enfin la volatilité de la substance que l'on observe, sous forme de globules voguant à la surface, ou qui imprègne certains globules réellement organisés, leur communique des mouvements bien plus illusoires encore. Chacun de ces globules, en effet, obéissant à une cause de déplacement qui réside en lui-même, et prenant à chaque instant la résultante d'une impulsion qui émane de sa propre surface, il arrive qu'aucun d'eux ne se meut de la même manière que son congénère, que l'un fait la pirouette, quand l'autre glisse; que l'un s'élance, quand l'autre décrit en fuyant une courbe et revient sur ses pas ensuite; que l'un plonge, quand l'autre s'élève; ce qui ne saurait manquer d'indiquer, à un œil non averti, l'existence de tout autant de mouvements spontanés. En effet, l'évaporation ne saurait avoir lieu sans déplacer l'air, si l'objet est immobile, et par conséquent sans déplacer l'objet, s'il est suspendu sur la surface d'un liquide; c'est la puissance de la vapeur des infiniment petits. Pour vous faire une idée de ces mouvements, sources de tant d'illusions, versez une goutte d'eau de Cologne sur l'eau du porte-objet, et vous aurez sous les yeux des myriades de globules en mouvement, qui se comporteront en apparence comme le feraient des myriades de ces infusoires, qui, au plus fort grossissement, ne sont pas plus grands qu'un point, et qu'on désigne sous le nom de *monades*; ou plutôt, sans recourir au microscope, déposez sur l'eau une parcelle de camphre solide, mais fraîchement sorti du bocal et encore tout imprégné de sa portion d'huile essentielle plus volatile; vous le verrez tourner sur lui-même, et cela dans un rap-

port constant avec l'inégalité de ses surfaces, les mouvements de rotation devenant beaucoup moins prononcés, si, le mélange de ces deux substances étant homogène, vous avez eu soin de le tailler en cube parfait (*).

599. C'est l'esprit pénétré de ces principes irrécusables, qu'on doit procéder à toute espèce d'observation au microscope, si l'on veut tirer de cet instrument le même parti que l'astronomie a tiré de l'emploi du télescope, et la chimie et la physique de leurs instruments de précision. Dans les chapitres qui vont suivre, nous aurons soin de faire l'application de ces principes à toutes les opérations d'analyse en petit, qui correspondent aux opérations en grand de la première section de cette première partie.

CHAPITRE II.

DIVISION EN PETIT DES CORPS ORGANIQUES ET ANATOMIE DES CORPS ORGANISÉS (23).

600. Il n'est certainement pas besoin d'instruments d'un grand prix, pour obtenir en peu de temps, de la division mécanique, les quantités que réclament les essais au chalumeau ou au microscope. Rien n'est plus facile que de s'improviser un pilon et un mortier d'agate, au moyen de ces cailloux roulés, de formes et de dimensions si variées, qui encombrent les sablonnières des terrains d'alluvion. Il suffit de briser les plus gros, pour en obtenir des cavités en segments de sphère d'une belle régularité, et de tailler en biseau une des extrémités des cailloux cylindroïdes, pour avoir une molette par le côté obtus, et un tranchant qui peut servir au besoin et de couteau et de marteau taillant. En fait d'expériences en petit, nous n'avons jamais eu recours aux mortiers et aux pilons d'agate d'une autre fabrique.

601. Mais la dissection ne procède pas avec l'uniformité de la division mécanique; et les corps organisés, association harmonieuse d'organes si divers par leurs formes et leurs fonctions, ne peuvent être soumis à l'étude analytique qu'à la suite d'un triage intelligent, d'une distribution méthodique de diverses pièces, et enfin par les procédés les plus délicats de l'anatomie. On peut laisser au hasard le soin de diriger la molette (25, 9°); on n'a pas en effet à craindre de confondre, là où toutes les molécules appartiennent au même élément. Mais le scalpel, en pénétrant dans le domaine de l'organisation, ne saurait s'avancer d'une ligne, que sous l'empire de l'induction et de la mémoire.

602. L'organisation intime des végétaux s'offre à l'œil de l'observateur armé des plus forts grossissements, avec une simplicité désespérante de formes, et des détails qui ne sont en définitive que les innombrables répétitions du même type; en sorte que les organes les plus divers, sous le rapport de l'élaboration et des produits, se présentent à la loupe et au microscope exactement avec la même couleur (**). Il n'en est pas de même en anatomie animale; à mesure qu'on observe des êtres un peu plus compliqués que ceux du bas de l'échelle, on voit les organes changer de formes, en changeant de fonctions, et présenter des caractères, au moyen desquels on peut facilement s'orienter, lorsqu'on cherche à dresser la topographie du corps organisé. En sorte que les procédés de dissection, que nous allons décrire, sont d'un usage bien plus fréquent dans l'étude du règne animal que dans celui du règne végétal.

603. Lorsque l'être vivant, dont on désire soumettre l'organisation des tissus à une analyse fine et microscopique, ne dépasse pas sept à huit centimètres de diamètre, ou bien qu'on l'a amené par une dissection en grand à ces proportions, on le place dans la cuve à dissection (pl. 3, fig. 2), et on l'y recouvre d'une nappe d'eau telle, que le liquide ne s'élève pas à plus de deux ou trois lignes au-dessus des points culminants du corps. Pour prévenir la putréfaction de la substance, on a soin de déposer à la surface de l'eau, un certain nombre de fragments de camphre, ce qui permet d'observer aussi longtemps qu'on le désire, et de ne renouveler l'eau qu'alors qu'elle est devenue trop trouble, et trop imprégnée de globules graisseux, pour se prêter à la vision.

604. On fixe les bords des organes contre les parois de la cuvette de liége, et on les maintient ainsi en position. On saisit les plis de la portion qu'on a en vue d'étudier de préférence, avec la pince dentée (fig. 18, *pi*), et l'on divise avec l'un ou l'autre des scalpels (fig. 17), selon que la surface et la consistance de l'organe exigent l'emploi d'une lame à tranchant courbe en dedans (α), ou en dehors (β). On fait usage aussi de ciseaux droits ou courbes sur le plat, quand on craint que

(*) *Sur les granules de pollen*, Mémoires de la Société d'histoire naturelle de Paris, tome IV, 1828.

(**) *Nouv. système de Physiologie végétale et de botanique*, § 624, 1836.

le scalpel ne déchire et ne distende, et qu'on a besoin d'opérer une division nette et franche, ou de retrancher une portion d'organe en entier. On fixe successivement toutes les membranes divisées, contre le liége, au moyen d'épingles libres; et on les étale avec ordre, pour aborder les régions qu'elles recouvraient.

605. C'est à ce moment que le dessin vient en aide à la mémoire; car nul observateur aujourd'hui ne doit rester étranger aux règles du dessin. Quelque haut placé en effet qu'on se trouve, et de quelques fonds que l'on ait droit de disposer, on ne saurait avoir à chaque instant de la journée un dessinateur sous sa main; et on l'occuperait fort inutilement, si l'on voulait lui faire dessiner toutes les formes que l'on observe, et sur la valeur desquelles l'observation ne permet pas encore de se prononcer; on perdrait soi-même bien du temps, si l'on s'attachait à dessiner tout ce qui se présente, avec le fini qu'exige une publication. Mais il n'est rien en débutant, dont on ne doive obtenir un croquis exact sous le rapport des contours, des dimensions et des accidents principaux qu'il importe de constater. Ce sont des souvenirs précieux pour les observations ultérieures; ce sont des matériaux, tout grossiers qu'ils paraissent, dont on aura plus d'un parti à tirer, si l'on a pris soin de noter les rapports d'insertion par des signes distincts, les dimensions par des chiffres, et les caractères divers par des *aplats*, par des mots, ou par des lettres abréviatives.

606. On examine chaque région par les effets de la lumière diffuse, et par ceux de la lumière réfractée, à l'aide du miroir (fig. 3), que l'on promène sous la cuve. Le premier mode donne les colorations des surfaces et les reliefs de l'objet; le second en révèle la structure intime, et fournit le moyen de lire, dans l'intérieur d'un organe, les détails que la pointe du scalpel ne saurait aborder.

607. La loupe (fig. 3) suspendue au levier coudé (fig. 4) (536), est un instrument indispensable, dans toute anatomie fine; l'œil ne doit s'aventurer dans le dédale d'une organisation réduite à ses moindres termes, qu'à l'aide d'un instrument d'un champ aussi vaste et d'une aussi grande netteté d'amplification. Mais lorsque la petitesse des détails se refuse à ce grossissement ordinaire, on pourra soumettre, sans déplacement, la membrane à l'objectif du microscope composé. La monture du *microscope double* (459) a été modifiée dans cette intention.

608. En effet, la tige (*tg*, fig. 1, pl. 5), peut s'introduire dans une douille pratiquée dans l'épaisseur de la table; on enlève la platine du porte-objet (*pl*), on enveloppe le cône des objectifs (*ob*) de son manchon en verre (fig. 13), le microscope peut plonger de la sorte dans le liquide de la cuve, à toutes les profondeurs; et à la faveur des mouvements qu'exécute la levier horizontal (*lv*), il est facile d'amener l'objectif au-dessus du moindre détail microscopique, dont on a remarqué la région avec la loupe; on l'éclaire soit avec le miroir du microscope lui-même, soit avec le miroir portatif (fig. 3), si la tige de l'autre n'arrive pas à point. Nous conseillons pourtant de ne pas dépasser, dans ces sortes d'observations, les grossissements de 50 à 80 diamètres; les dimensions des organes de ce calibre n'exigeant pas une plus grande ampliation, et l'épaisseur des parois de la cuve s'opposant à la clarté que réclament impérieusement les grossissements supérieurs.

609. Les colorations artificielles peuvent remplacer avantageusement, en certains cas, l'usage du scalpel, et rendre sensibles les parties les plus ténues d'un organe. On les produit par *injection*, ou par *réaction*.

610. L'injection sert à faire distinguer une cavité ou un réseau, en la colorant d'une manière particulière. En grand, on se sert d'une seringue à double courant; dans les injections en petit, un simple tube recourbé et effilé à la lampe par une de ses extrémités (fig. 20, pl. 3), tient lieu de cet instrument, et la pesanteur du liquide fait ici l'office de piston, surtout lorsqu'on emploie dans ce but le mercure. Cependant la résistance à la pesanteur a des bornes, et il arrive un degré où le liquide force l'obstacle, au lieu de suivre un réseau, et déchire les tissus, au lieu d'en tracer aux yeux la structure intime; il faut se méfier de ces accidents, qui en imposent à l'observation la plus consciencieuse. On colore de diverses manières les organes et la vascularité qui appartiennent à des régions diverses, ou qui ont une direction opposée; de même que dans les dissections en grand on injecte en bleu le système veineux, et en vermillon le système artériel. La substance colorante employée doit non-seulement se trouver à l'état liquide, mais encore persister dans cet état, jusqu'à ce qu'elle soit arrivée aux dernières limites qu'on a en vue d'atteindre. Le menstrue doit donc changer avec la nature des substances organisées qu'il aura à rencontrer sur son passage; ce sera l'eau ordinaire pour les tissus albumineux, l'alcool pour les tissus graisseux et oléagineux; l'ammoniaque,

la potasse, les acides étendus pour les tissus obstrués par l'albumine coagulée, ou par la graisse peu soluble dans l'alcool.

611. Les *réactions chimiques* (74) colorent certains tissus inabordables aux injections les plus fines. Le prussiate ferruré de potasse bleuira les tubes ferrugineux, l'acide sulfurique saturé d'albumine ou d'huile, colorera en purpurin les tissus sacchariins; l'ammoniaque nous a servi admirablement pour tracer la région et la direction du canal intestinal de l'alcyonella des étangs (*) et d'autres infusoires; et c'est à trouver de pareilles réactions que chacun doit appliquer spécialement ses recherches. Ce sont des ressources anatomiques qui procurent les plus jolis résultats et les indications les plus sûres; car la réaction, courant de proche en proche, dessine les organes que nul instrument au monde ne parviendrait à disséquer.

612. Lorsqu'en parlant du dessin des préparations anatomiques, nous nous sommes servi de l'expression de croquis, n'allez pas croire que nous ayons voulu désigner des espèces de pochades, où l'esprit remplace l'observation, l'élégance du trait la vérité des contours, et où l'on vise à l'effet sans trop d'égard pour la fidélité de l'image; nous avons encore moins voulu désigner ces linéaments informes à force d'être inexacts, que l'on prend en courant et presque au vol, et qu'on livre ensuite au dessinateur, pour que de ces griffonnages indéchiffrables il en fasse sortir des figures régulières. La science de la micrographie n'est que trop encombrée de ces produits, enfants monstrueux de l'abus ou de l'oubli de l'art; jamais époque n'avait été plus féconde que la nôtre dans ce genre de beaux dessins, qui nous font regretter les gravures sur bois de nos anciens micrographes. Nous avons droit d'espérer que le terme de ces faciles peintures approche; car on ne doit pas perdre de vue qu'aujourd'hui l'usage du microscope s'est assez répandu pour nous donner des juges en fort grand nombre; il est passé ce beau temps, où, avec quatre paroles et une vingtaine de brillantes figures, on était cru, faute de pouvoir être contrôlé, et où l'on obtenait dix mille francs de récompense, ainsi que la faveur des mille bouches de la renommée, après avoir largement défiguré une dizaine d'organes en huit jours. On ne travaille plus dans ce but, aujourd'hui que tout le monde juge. Il faut renoncer à se jouer de la renommée par des couleurs éclatantes et par des proportions exagérées; il faut enfin être vrai en micrographie, comme on l'est à la vue simple; il faut copier la nature dans ses atomes aussi fidèlement que dans ses géants; et chaque figure que l'on se propose de propager par la gravure, quelque petit qu'en soit l'objet, est un portrait dont ni l'élégance des contours, ni l'éclat des accessoires, ne saurait plus racheter le défaut de ressemblance et la fausseté des tons.

613. On ne doit admettre, au rang des croquis de détail, dont on se propose de former un ensemble, après l'étude complète des objets observés; on ne doit admettre que ceux, dont les contours, sans être purs et d'un seul jet, se superposent cependant avec exactitude sur l'image, et en offrent toutes les dimensions. A cet effet, on mesure l'ouverture des angles, on note les dimensions en longueur et en largeur, les aboutissants d'une ligne, les rapports d'une face, et la région topographique du détail que l'on a ainsi rendu. Sans finir les ombres, on les circonscrit; sans s'occuper des nuances, on marque la couleur par un aplat sur la surface ombrée au crayon; et quand enfin on est sûr de l'exactitude du croquis, on passe à une autre région de l'objet, que l'on étudie de même; car peindre, c'est décrire; dessiner, c'est étudier. Après avoir soumis toutes les régions du corps à une étude semblable, l'artifice du dessin général se réduira à un simple assemblage, dont la mémoire, riche encore du souvenir des rapports, dirigera la marche avec cette sûreté de coup d'œil qui caractérise les vérités démontrées.

614. Après avoir retiré, de l'emploi de la cuve à dissection et de la loupe ordinaire, tout le parti que l'observation raisonnée et patiente est en droit d'en espérer, l'on passe à l'emploi des grossissements supérieurs; c'est après avoir étudié les organes qu'on passe à l'étude des tissus, et qu'on transporte la cuve à dissection sur le porte-objet du microscope. Ici la transparence des objets dispense de la dissection, la coloration par les réactifs fait ressortir et met en évidence des organes que leur transparence confondait avec les tissus ambiants; la lame du scalpel s'effile en pointe d'aiguille, et son usage se borne à écarter les obstacles, à étaler les membranes plissées, à éloigner ou rapprocher l'objet, à le retourner sous différents angles, pour présenter ses diverses faces à l'objectif, enfin à amener la goutte de réactif sur la goutte soumise au microscope. Quant à diviser, pourfendre, couper, comme on le fait dans la dissection en grand, il est des êtres vivants d'une

(*) *Mémoires de la Société d'histoire naturelle de Paris*, t. IV, 1828.

telle ténuité, que la pointe la plus effilée les recouvrirait en entier, et que le tranchant le plus acéré les écraserait et les aplatirait, au lieu de les pourfendre.

615. Que si l'espèce que vous observez est d'un calibre tel qu'elle se laisse saisir par la pince, et qu'à la loupe on puisse en diviser les parties avec la pointe du scalpel, n'allez pas vouloir ne la disséquer qu'à des grossissements considérables : c'est là une gloutonnerie d'ampliation. si je puis m'exprimer ainsi, qui dénote un observateur novice ou incapable. C'est afin de soustraire nos lecteurs à la tentation de cette prétention vers l'impossible, que nous avons totalement supprimé ces pinces élégantes, qui, placées sur le porte-objet des microscopes composés, y restent comme pour piquer la main qui n'a jamais à s'en servir ; nous avons même débarrassé la platine, en l'élevant au rôle de table de laboratoire, des reliefs et des angles qui n'étaient là que pour l'élégance, ainsi que de tous les accessoires, qui, ne servant que le trentième jour du mois, sont d'une embarrassante inutilité pendant les vingt-neuf autres.

616. Il est difficile, en général, de transporter avec succès, sur le porte-objet du microscope, un petit objet qu'on a distingué sous la loupe ; il se plisse ou se roule dans le trajet ; s'il est plongé dans un liquide, il semble éviter la pointe qui cherche à l'atteindre ; on ne le saisit qu'en le pinçant, ce qui en altère les formes, et on ne le dépose qu'en l'écrasant. Si on l'observe à sec, il suffit, à la vérité, d'humecter d'un peu de salive la pointe de l'aiguille, pour l'enlever par adhérence et le déposer, sans le déformer, dans la goutte d'eau, qui l'attire à soi ; mais la plupart des organes perdent de leurs principaux caractères en se desséchant, et ne les reprennent plus en s'humectant de nouveau d'un liquide. Le microscope double (pl. 5, fig. 1) a été organisé, dans le but d'éviter ces contrariétés et ces accidents, qui fatiguent la patience, alors qu'ils ne font pas perdre tout à fait l'occasion. Le porte-objet qui sert à la dissection par la loupe, étant le même que celui qui doit servir à l'observation microscopique, tout ce qu'on a préparé reste en place, et l'on n'est point exposé à perdre dans le trajet le fruit d'une préparation longue et minutieuse. C'est un avantage dont les constructeurs ont reconnu le mérite, depuis la première publication de notre ouvrage, et que les observateurs apprécieront de plus en plus, à mesure qu'ils auront contracté l'habitude de l'instrument que Deleuil a consenti à construire sur ce modèle.

617. On transporte les infusoires, du vase dans lequel ils vivent en nombreuses myriades, sur le porte-objet, au moyen du PLONGEUR en verre (pl. 3, fig. 19), tube de petit calibre qui se termine par une cloche (β). On remarque la région où nage le petit animalcule, à travers le bocal du liquide qui le renferme, on descend le PLONGEUR jusqu'au-dessus de ce point, en ayant soin de boucher avec le doigt l'orifice supérieur (α) du tube. Dès qu'on aperçoit que l'animalcule est dans l'axe de la cloche, on écarte et l'on replace brusquement le doigt sur l'orifice (α) ; la goutte de liquide que la pression de l'air a eu le temps de faire monter dans la cloche (β), y entraîne avec elle l'insecte, que l'on transporte ainsi comme dans un vase fermé. Mais pour ne pas inonder le porte-objet, d'une quantité de liquide, qui ne ferait que soustraire plus longtemps l'animalcule aux recherches de l'observateur, on a la précaution de la déposer préalablement dans un verre de montre, où on la reprend sous un moindre volume, pour la placer au porte-objet. Moins la goutte employée est considérable, et plus on rend faciles les observations. Lorsqu'on a reconnu que l'animalcule se trouve dans la gouttelette transportée, on la recouvre d'une petite lame de verre (574), si l'on n'a à se servir que de faibles grossissements, et d'une feuille de talc, si l'on s'attend à faire usage des grossissements supérieurs. Malgré les petits défauts que l'on rencontre presque toujours dans les feuilles de talc, défauts, du reste, dont on tient compte, c'est encore la substance que nous préférons, à cause de la minime épaisseur sous laquelle on peut l'obtenir On recouvre la gouttelette, d'une lame transparente de verre ou de talc, non-seulement pour prévenir l'évaporation du liquide et en tenir la surface à la distance des objectifs, mais encore afin de donner au milieu dans lequel le corps observé est plongé, ce parallélisme des deux surfaces, propre à laisser passer les rayons lumineux qui leur arrivent perpendiculairement, sans leur faire subir la moindre déviation (392). Toutes les fois, au contraire, que la gouttelette est abandonnée à elle-même, elle s'arrondit en lentille, et offre sur les bords une ombre assez étendue, sous laquelle l'objet disparaît ou se déforme.

618. Tout étant ainsi disposé, on procède à l'étude du corps ; et cette étude en petit n'en doit pas moins être longue, consciencieuse et raisonnée. Il ne faut pas perdre de vue qu'aujourd'hui ces observations ont des juges, et que l'opinion publique est devenue compétente à juger ; elle ne se laisse plus prendre ni au prestige des cou-

leurs de fantaisie, ni à l'élégance du métier, ni au format colossal des planches ; elle veut du vrai, du vrai sans fard et sans stratagème. Gardez-vous donc bien de suivre les traces de ce dessinateur, dont on a voulu à tout prix faire un observateur, qui, avant d'avoir rien vu, avait soin de dessiner, de désigner par un solécisme grec ou latin, et même de peindre ce qu'on devait voir, et qui n'en faisait pas moins circuler ses peintures, alors que rien de ce qu'il avait peint ne pouvait être vu. Pour soutenir et défendre des réputations obtenues à ce prix, toute la puissance des moyens occultes ne saurait suffire : car la puissance de l'autorité académique échoue à la tâche. Ne dessinez que ce que vous avez vu, bien vu, plus d'une fois vu, et ne le dessinez qu'avec les détails et les dimensions de l'image ; car on s'expose autant à mentir, en exagérant les dimensions, qu'en altérant les contours et les formes. Il est d'illustres auteurs, qui, pour effacer le souvenir des découvertes, qu'il ne leur était plus permis de contester, et qui, pour n'avoir plus à les attaquer, ont cru se les approprier, en allongeant outre mesure les organes, et en donnant un pouce carré à chaque petite cellule ; ce stratagème a été si innocent que, pour faire parler de l'œuvre, il a fallu payer les citations encore plus cher que les éloges ; et toutes ces délicates fleurs du langage académique n'ont duré que ce que durent les roses : l'espace d'un matin.

619. N'allez pas non plus perdre votre temps à reproduire, sous de nouveaux traits, des êtres qui ont été cent fois reproduits par la gravure ; ne perdez pas votre temps à refaire ce qui a été une fois bien fait. Ne couvrez pas les planches que vous publiez de détails anatomiques qui sont communs à tous les êtres du même règne ; ne couvrez pas des décimètres carrés par des cellules et des vaisseaux qui se font de souvenir, dont on demande la symétrie au compas plutôt qu'à l'observation ; joli treillage qu'on embellit encore avec un aplat de carmin ou avec du vert de vessie. Dessinez, dans l'intérêt de votre instruction, tout ce que vous rencontrerez pour la première fois ; car pour conserver d'aussi petits objets, on n'a d'autres préparations anatomiques que le dessin. Mais ne publiez que ce qui sera nouveau pour la science ; vous ne publierez peut-être qu'une planche en six mois ; mais elle durera toute la vie, faveur que la fortune a oublié d'allouer à bien des travaux académiques ; les micrographes de ce pays nous ont tellement mis en suspicion, que nous n'osons presque plus les citer de confiance, eux qui se citent si souvent entre eux ; il y a presque toujours cent à parier contre un, que ce qui s'annonce avec tant de fracas, par de pareilles trompettes, est un nouveau coup de pied donné à la nature, et une observation à réfuter. Vous en jugerez par vous-même, et vous ne tarderez pas à reconnaître qu'en tout ceci nous n'avons rien exagéré.

620. Pour bien voir, il faut longtemps regarder ; il faut acclimater sa vue à cette lumière artificielle, se familiariser avec ces tons transparents ces ombres réfractées, ces jours vus de face et éclairés par le milieu ; avec ces nappes horizontales, sur lesquelles l'œil se promène sans obstacle, où tout scintille, où rien ne reflète, dont les accidents ont l'air de tout autant de taches noires, dont les plans semblent perforés par la lumière, enfin dont les reliefs s'établissent par le calcul optique, et ne se distinguent point par le jeu du *clair-obscur*.

621. Demandez donc au tracé graphique, au raisonnement et aux réactifs, l'explication des effets de la lumière ; et par la connaissance de ces effets, apprenez à reconnaître la nature et la forme réelle des organes.

622. Commencez par mesurer l'image dans toutes ses dimensions (510) ; placez sur votre papier des points à tous les angles de la figure qui s'y dessine ; tracez ensuite vos contours ; et voyez si l'image se superpose exactement sur la figure. Occupez-vous après des détails de la surface, qui ont aussi leurs contours spéciaux ; ne passez à l'ombre qu'après avoir achevé votre esquisse, et n'ombrez pas arbitrairement ; les ombres de la réfraction ont aussi leurs mille nuances et leurs mille reflets ; sous ce rapport, c'est un long portrait à faire que de dessiner un grain de fécule de $\frac{1}{8}$ de millimètre (pl. 6, fig. 3), à un simple grossissement de 150 fois.

623. Ne prenez pas des bosselures pour des cellules, des bulles d'air emprisonnées dans le tissu pour des organes, des plis pour des fentes ou pour les anastomoses d'une vascularité, que du reste vous pourriez faire varier de mille manières par la pression seule ; ne placez pas, dans l'intérieur d'un corps, un accident qui est au-dessous, et que l'on aperçoit par transparence ; n'établissez pas qu'un animalcule pénètre dans un œuf transparent, quand vous le voyez passer

par-dessous cet organe; ni qu'un infusoire avale et digère les molécules colorées, qui se fixent sur la surface de son corps. La micrographie est encombrée de pareilles illusions, que les compilations recueillent le lendemain de l'annonce académique, et qu'on n'efface des pages de la science qu'après dix ans de discussion (*).

624. Observez les effets de la réfraction sur toutes les faces de l'objet, si vous voulez arriver à en reconnaître exactement la forme générale. Si l'animal a des mouvements trop brusques et nage trop rapidement, on limite sa course, et l'on ralentit son mouvement, en recouvrant la gouttelette d'une lame de talc. Si l'objet est inerte et immobile, on lui imprime des mouvements favorables à l'observation, en imprégnant l'eau qui le renferme, avec une larme d'alcool ou d'éther; il s'élève d'abord une tempête microscopique, à laquelle succède une agitation plus régulière, à mesure que l'évaporation se ralentit.

625. Des êtres organisés étudiez l'histoire : il est des organes qui ne se dessinent bien qu'à une certaine époque, et à certains âges; l'ovaire et ses dépendances à l'âge adulte; l'anus à l'instant de la défécation; le canal intestinal pendant l'acte de la digestion; la bouche à celui de la déglutition; l'organe respiratoire se révèle par les divers courants qu'il détermine dans le liquide, toutes les fois qu'il est en fonction. Quant aux corps inorganiques, étudiez-en les angles et la forme par le jour et les ombres, et la nature, par l'emploi des réactifs qui vont faire l'objet des chapitres suivants.

626. Mais comme l'étude de l'histoire naturelle doit être comparative, tout aussi bien dans ses infiniment petits, que dans ses infiniment grands, on sentira plus d'une fois, dans le cours d'une série de recherches, la nécessité de pouvoir conserver l'objet que l'on trouve sous ses yeux, pour l'avoir à sa disposition et sous la main, dans une occasion favorable. On se procure cet avantage par les procédés suivants. On filtre une dissolution de gomme arabique, pour la débarrasser de toutes les impuretés qui en altèrent la transparence; la substance soluble de la fécule obtenue par de nombreuses filtrations, remplacerait la gomme arabique avec une supériorité marquée, à cause de sa grande pureté et de sa complète solubilité. Quoi qu'il en soit, on amène la dissolution à la consistance à demi sirupeuse, en laissant évaporer soit par l'ébullition, soit par l'exposition prolongée à l'air atmosphérique, dans un bocal couvert d'une gaze; et l'on conserve cette dissolution dans une éprouvette à patte fermée d'un bouchon de liége. Dans une autre éprouvette du même genre, on dépose une dissolution alcoolique d'une résine limpide. On se sert de la dissolution gommeuse pour emprisonner les corps humectés ou imbibés d'eau; on se sert de la dissolution résineuse pour emprisonner les corps gras et en général les corps secs, tels que les cristaux. Enfin, on emploie l'une ou l'autre de préférence, selon qu'on veut obtenir des effets plus ou moins prononcés de réfraction, et donner plus de relief à l'image de l'objet observé, par la différence du pouvoir réfringent du menstrue.

627. En conséquence, on dépose le corps observé sur une petite lame de verre plus longue que large, et d'une convenable épaisseur; on le recouvre d'une couche suffisante de la substance gommeuse ou résineuse; on s'assure que celle-ci ne renferme point ou presque point de bulles d'air; on applique alors une lame de verre très-mince (617) ou même de talc, sur la couche liquide. Après l'évaporation complète du menstrue, les deux lames du porte-objet et du couvercle se trouvent collées ensemble par la gomme ou la résine, et elles ne forment plus qu'une seule et même lame transparente, dans la substance de laquelle serait emprisonné l'objet, comme dans un silo. On écrit le nom spécifique et les dimensions sur une petite bande de papier, que l'on colle sur l'une des extrémités de la grande lame de verre. On peut se créer ainsi des collections nombreuses d'objets microscopiques, pour tous les genres de grossissements.

628. Dans la comparaison qu'on aura plus d'une fois à faire, entre son observation et les observations d'autrui, entre l'image qu'on aura dessinée à son microscope, et les dessins publiés par d'autres auteurs, il faudra de toute nécessité tenir compte de la différence des instruments. En effet, les effets d'optique varient selon l'espèce de combinaison de verres adoptés, selon la différence des courbures données aux lentilles combinées, et selon la masse de lumière que le microscope laisse parvenir sur

(*) Le procédé le plus expéditif, pour dessiner un peindre les objets microscopiques, c'est de prendre exactement les contours, d'ombrer à l'estompe avec la mine de plomb, de noter les teintes, d'exposer le papier à l'humidité, et, après qu'il a séché, de poser les *aplats* de couleur sur la mine de plomb même, dont on tient compte, lorsque l'on colorie d'après cet essai.

l'objet, et partant selon la courbure du miroir réfracteur et le diamètre du diaphragme par lequel arrive la lumière. Sous ce rapport il est impossible de trouver deux microscopes différents, qui donnent exactement les mêmes effets d'optique, alors même qu'ils seraient tous les deux construits avec une égale habileté. Il en est en effet du microscope, comme du jour, sous lequel nous observons les objets en grand ; il varie à toutes les heures de la journée; et nous nous gardons bien de prononcer, que le paysage, qui s'étend devant nos croisées, ait changé de physionomie et d'accidents, parce que nous le contemplons revêtu de plus ou moins de lumière. De même gardons-nous d'accuser d'infidélité un dessin, parce que nous le trouverons plus ou moins ombré, plus ou moins accidenté, que le nôtre. Gardons-nous tout autant de prononcer qu'un microscope composé soit moins bon ou meilleur que le nôtre, parce que l'objet s'y présente avec des accidents de lumière, que celui dont nous nous servons ne reproduit pas. Ne perdons jamais de vue, que quelque perfection qu'on apporte à la confection d'un microscope, il est de l'essence de sa construction d'altérer toujours un peu l'image, dans un sens ou dans un autre (424). C'est à l'induction de tenir compte de cette circonstance, de l'évaluer, à l'égard du microscope dont on se sert habituellement, afin d'en faire la part avec exactitude, dans l'examen comparatif des figures publiées d'après un microscope différent.

CHAPITRE IV.

SOLUTION ET DISSOLUTION EN PETIT (26).

629. La solubilité et l'insolubilité étant un caractère du premier ordre, surtout en chimie organique; et la suspension des molécules d'un corps étant susceptible de simuler une dissolution, le seul instrument qui nous permette de décider les questions de ce genre, est certainement le microscope, puisque par son emploi nous pouvons aborder les dernières parcelles de la division mécanique ; aussi depuis l'introduction de cet instrument dans les études positives, est-on revenu d'une foule d'idées fausses, qu'on s'était faites en grand, en confondant la suspension avec la dissolution.

630. Et pour ces sortes d'essais, c'est quelquefois de trop qu'un tube de verre (pl. 3, fig. 23 *a*), ou qu'un verre de montre. La simple cavité (pl. 5, fig. 8, 9, 10, *sp*) d'un *porte-objet à réactif* suffit. Une parcelle de substance, grosse comme la tête d'une épingle, est encore trop considérable pour un vase, où une goutte de menstrue devient un océan.

631. A cet effet, on essuie avec soin les surfaces des deux lames du porte-objet (486), qu'on doit appliquer l'une contre l'autre ; on enduit l'une d'elles d'une couche inappréciable de salive ou d'un corps gras ; on applique les deux lames par leurs deux extrémités, on les fait glisser l'une contre l'autre en les pressant fortement entre les doigts, et on amène ainsi la lame qui sert de couvercle, jusqu'aux deux tiers environ de la cavité (*sp*) de l'autre ; on dépose la parcelle de substance au fond de ce vase à deux valves, en tenant les lames perpendiculaires, l'ouverture en haut. On verse doucement le dissolvant, jusqu'à ce qu'il déborde, et on achève de recouvrir la cavité, en faisant glisser brusquement la lame recouvrante, de manière à ne laisser pénétrer aucune bulle d'air dans l'intérieur. Par une suite de mouvements de va-et-vient, on achève de rendre l'adhérence des deux lames aussi parfaite qu'il est possible ; on essuie l'appareil, et on a alors un vase hermétiquement fermé, que l'on peut soumettre à l'observation microscopique la plus prolongée.

632. Lorsque le dissolvant est une substance corrosive, on a soin de tenir les deux lames entre deux linges grossiers ; car nous avons fait observer que, pour emprisonner la substance sans mélange de bulles d'air, il faut que le liquide déborde le vase. Les bulles d'air en effet seraient un obstacle à la vision (582).

On a la précaution d'enduire les surfaces des deux lames, avec un corps qui soit inattaquable ou moins attaquable par le menstrue qu'on se propose d'emprisonner dans la cavité; et lorsque l'opération est terminée, et que les deux lames sont exactement appliquées l'une contre l'autre, on en revêt les joints avec le même corps, afin de prévenir la fuite du menstrue et l'introduction de l'air, par les lacunes que les surfaces les mieux polies et les plus fortement usées l'une contre l'autre, ne laissent pas que d'offrir sur une assez grande portion de leur longueur. Ainsi l'enduit dont on se sert est de la salive, si le menstrue est éthéré, alcoolique, ou un de ces acides qui coagulent l'albumine ; c'est de l'huile, ou une substance grasse, si le menstrue est aqueux, etc., etc. Avec ces précautions on peut conserver indéfiniment ces sortes de dissolutions, ainsi que les insectes ou les petites préparations

anatomiques, qu'on se propose d'étudier ou de montrer plus tard (627).

633. Les dissolutions que l'on opère en grand doivent toutes passer par l'inspection microscopique; on se contente alors de déposer une goutte de liquide sur le porte-objet au moyen d'une baguette de verre; et pour préserver l'objectif des vapeurs qui se dégagent du liquide, on recouvre la gouttelette d'une feuille de talc. On peut, de cette manière, non-seulement distinguer une simple suspension d'une apparente dissolution, mais encore suivre dans toutes ses phases les effets du refroidissement.

634. Il est des cas où il importe d'étudier l'influence de la chaleur sur une substance donnée, et d'assister, pour ainsi dire, aux phénomènes les plus intimes de l'ébullition. Nous avons fait construire dans ce but deux formes d'appareils, l'un pour le *microscope simple*, et l'autre pour le *microscope composé*.

635. Pour le microscope simple, on remplace le *porte-objet* ordinaire par le *porte-chaudière* (*p*, fig. 21, pl. 5), dont on introduit la queue (*q*) dans la queue d'aronde de la monture à crémaillère. On remplace le miroir réfracteur par une lampe à esprit-de-vin; et pour qu'on puisse éloigner la flamme ou la rapprocher à volonté, on tourne le microscope en dehors de la boîte qui le supporte. La petite chaudière où doit s'opérer l'ébullition ou la décoction (pl. 5, fig. 21, *ch*) est un vase de verre soufflé, aplati supérieurement, convexe inférieurement, et terminé de chaque côté par deux tubes ouverts, comme par deux cornes (*c*), qui sont destinés à porter les vapeurs loin des yeux de l'observateur. On introduit dans sa capacité un peu de coton écru ou d'amianta, selon le liquide dont on doit se servir; on la remplit de liquide, de telle sorte que nulle bulle d'air ne puisse se loger sous la surface supérieure du vase; et l'on amène cette surface au foyer de la lentille dont on veut faire usage, jusqu'à ce qu'on aperçoive la couche du liquide et quelques fibrilles de coton. On approche alors de loin en loin la flamme de la lampe, pour échauffer le verre graduellement. La flamme éclaire l'objet tout en échauffant le liquide. Or il arrive un instant où l'un des corps microscopiques, dont on étudie l'histoire, vient s'embarrasser entre la feutre de deux ou trois fibrilles de coton, qui le retiennent avec une opiniâtreté favorable à l'étude, contre tous les mouvements de l'ébullition. On doit recommander au souffleur (362), de donner à la panse du vase les plus petites dimensions que son art lui permette d'atteindre, et de rendre la surface supérieure, celle contre laquelle s'applique la lentille, aussi unie, aussi pure et aussi aplatie qu'il le pourra; c'est là la surface essentielle du vase; on doit peu s'inquiéter des défauts que peuvent présenter les autres. Si l'on avait à craindre pour soi-même les effets de l'évaporation du liquide, on allongerait les deux cornes (*c*) du vase, au moyen de longs tubes de verre, qu'on unirait à celles-ci par le caoutchouc, et qu'on soutiendrait sur les deux supports (fig. 6 et 11, pl. 5) de la table laboratoire.

636. Pour le microscope composé, il n'est besoin de remplacer que le miroir (*m*, pl. 5, fig. 1), de tourner la platine en dehors de la boîte, de placer un verre de montre ou une petite capsule de verre (373) sur la platine (*pl*); ce sont là les vases propres à soumettre le liquide à la chaleur de la lampe qui doit servir de foyer et de miroir, qui doit échauffer le liquide et éclairer en même temps l'objet. On enfonce l'objectif (*ob*) dans le manchon (fig. 13) jusqu'au contact du verre, et on plonge l'appareil dans le liquide, jusqu'à ce qu'on ait rencontré le corps, que l'on se propose d'observer, embarrassé dans les fibrilles de coton ou d'amiante, dont nous venons d'indiquer l'usage (635). Il est inutile de faire observer que le diaphragme (*dd*) serait un obstacle à cette opération; on a la précaution de l'enlever. Quoique le manchon de verre ne puisse jamais se trouver sans défaut, car il est soufflé à la lampe, cependant l'acheteur doit exiger que le bouton, qui se forme pendant l'insufflation, soit toujours placé hors du centre, et que la substance du verre offre peu d'épaisseur en cet endroit.

637. Il n'est pas toujours nécessaire du concours de ces appareils, pour se procurer au microscope les moyens d'assister aux phénomènes de l'ébullition du liquide. On peut obtenir ce résultat, en concentrant les rayons solaires sur la cavité du porte-objet, au moyen de la lentille réflective (pl. 5, fig. 6), que l'on dispose à cet effet sur la platine du microscope (456). On peut même alors se dispenser du l'usage du manchon, en superposant un verre de montre, par sa surface convexe, au liquide contenu dans la cavité (*sp*) des porte-objets (pl. 5, fig. 8, 9, 10); il suffit, pour donner issue aux vapeurs, d'interposer un fragment de verre entre les surfaces des deux verres; mais ce procédé n'est propre qu'aux observations de courte durée, la quantité de liquide, que peut

renfermer une semblable cavité, étant trop vite épuisée par l'évaporation.

639. La quantité de substance employée doit être en rapport avec la petite quantité de menstrue, dans lequel on essaye de la dissoudre. Si le fragment était trop gros, il paraîtrait encore insoluble, alors que le liquide s'en serait entièrement saturé. On détermine ces rapports, en cubant, par des procédés micrométriques (491), le fragment de substance, et en jaugeant la capacité du segment de sphère, qui sert de vase à la macération. Il suffit pour cela d'obtenir la corde de ce segment, ainsi que le rayon de la sphère sur laquelle il a été pris. On détermine celle-ci au moyen d'un fil de fer très-doux que l'on applique contre la cavité dans le sens de l'arc, et que l'on tourne sur lui-même, pour s'assurer qu'il s'applique également partout; en transportant cet arc de fer sur le papier, il est facile au compas de compléter le cercle. On peut établir, par ces deux procédés, les rapports au moins approximatifs des quantités de menstrue et de substance employées à la dissolution.

639. Lorsqu'il s'agit des tissus organisés, il ne faut pas juger de l'insolubilité ou de la solubilité de la substance, par le changement de volume : car la charpente du tissu étant insoluble dans la plupart des menstrues, paraît n'avoir rien perdu de ses formes et de ses dimensions, alors qu'elle a cédé au dissolvant tout ce que recélaient ses mailles. En effet, le menstrue remplaçant la substance, ou pénétrant avec elle dans toutes les cavités, les cellules paraissent tout aussi distendues à la fin qu'au commencement de l'opération. C'est en sortant le tissu du menstrue, et en l'abandonnant à la dessiccation, qu'on s'assure de ses pertes.

640. Il est des corps qui exigent moins de temps pour se dissoudre, et dont on peut reconnaître la solubilité en les déposant, sans autre précaution, sur la gouttelette soumise à l'observation microscopique. Il faut toujours commencer par là, et n'avoir recours aux procédés précédents, que pour les corps que celui-ci a trouvés insolubles; on aurait tort de se prononcer sur l'insolubilité d'un corps, parce qu'il aurait semblé ne rien céder au liquide, pendant un si court espace de temps.

641. On reconnaît que la dissolution s'opère, lorsqu'on voit des stries s'échapper, des bords de la substance dans le menstrue, avec la couleur de la substance, ou seulement avec un pouvoir réfringent différent de celui du liquide (579). Ce joli phénomène produit quelquefois au microscope tous les effets de ces cils illusoires, que l'on désigne sous le nom de *cils vibratiles* des animalcules microscopiques. L'huile dans l'acide sulfurique, le camphre dans l'alcool, présentent ce spectacle instantanément; on voit la gouttelette d'huile et le fragment de camphre se border de petits cils qui se montrent et disparaissent, et impriment au liquide des mouvements giratoires, lesquels finissent par enlever des larmes ou des globules à la substance, et par les entraîner dans leur tourbillon. L'explication du phénomène doit être, en petit, la même que pour les remous en grand; c'est un simple effet hydraulique. En effet, lorsque, par suite de l'affinité réciproque de la substance et du menstrue, une molécule de la première s'échappe pour s'unir à une molécule du second, celle-ci augmente de volume, et doit déplacer, par conséquent, la molécule qui vient après lui. Le mouvement imprimé au liquide par ce déplacement sera d'autant plus rapide que la dissolution sera plus instantanée; et comme chaque molécule ainsi lancée dans la liquide ne saurait obéir à l'impulsion, qu'en suivant des résultantes, il suit des lois hydrauliques qu'elle doit revenir au point d'où elle était partie, et cela en décrivant un cercle, dans le cas où le courant qui l'entraîne ne trouve pas une pente pour s'échapper. Or au microscope les courants circulaires sont d'autant plus distincts, qu'ils entraînent avec eux plus de globules insolubles ou indissous.

642 Mais le liquide ne saurait être déplacé par la molécule qui se dissout, sans que le fragment de substance n'éprouve une impulsion contraire; car la pression exercée par la nouvelle molécule s'exerce dans tous les sens. Si donc le fragment n'est ni trop lourd, ni attaché par agglutination à la surface du verre du *porte-objet*, et surtout si, par sa légèreté spécifique, il vogue à la surface du menstrue, il obéira à son tour au mouvement de répulsion imprimé par chaque molécule qui s'échappe de sa substance, et on le verra tourner et pirouetter sur lui-même, monter, descendre, avancer ou reculer, selon que la dissolution s'opérera plus rapidement par l'une plutôt que par l'autre de ses surfaces, et dans le sens de l'une plutôt que de l'autre de ses dimensions. Chacun a dû remarquer en grand ces effets de la dissolution, sur les gros fragments de sucre poreux, que l'on dépose dans un verre d'eau.

643. Ce spectacle est bien plus piquant au microscope, lorsque l'effervescence accompagne la

dissolution ; lorsque, par exemple, on fait dissoudre des petits fragments de craie dans un acide étendu d'eau. L'acide carbonique de la craie, en effet, chassé par l'acide fixe, s'échappe en bulles de gaz (pl. 8, fig. 12 n') qui se succèdent et disparaissent avec la rapidité de l'éclair, et font pirouetter d'autant le fragment sur lui-même ; ces bulles, en effet, en s'échappant, repoussent autant le liquide que le fragment de carbonate. Tout cela se représente également en grand, mais on n'y fait pas attention; et tout cela paraît une merveille au microscope, si l'on ne s'applique pas à interpréter ce qu'on voit en petit, d'après les règles qui dirigent notre jugement dans nos observations en grand.

644. En soumettant successivement la même substance à l'action de divers menstrues, on arrive à se convaincre que bien des corps microscopiques, qui ont été pris pour des tissus ou des organes, ne sont que des globules insolubles dans l'eau, mais solubles dans d'autres menstrues; et que bien des substances, qui ont été considérées comme étant solubles en toutes proportions dans un liquide, ne font qu'y entrer en suspension. Mais pour arriver à des résultats certains, dans toutes ces vérifications, il faut procéder en petit avec la même rigueur qu'en grand, et ne rien établir à la légère. N'allez pas (*) décider que des petits corps, qui flottent sur l'eau, sont insolubles dans l'alcool, parce qu'après avoir versé une goutte d'alcool sur l'eau, vous les aurez retrouvés insolubles; car une substance soluble dans l'alcool, ne l'est pas dans l'alcool étendu d'eau. Attendez au contraire que l'eau se soit évaporée, et ait abandonné à sec les globules sur le porte-objet, pour emprisonner vos petits objets dans l'alcool anhydre ou au moins à 40° ; s'ils s'y dissolvent en entier, ce n'étaient pas des organes, mais bien des gouttelettes isolées de résine ou d'huile. Et ces méprises arrivent encore tous les jours même à nos physiciens, qui commencent à s'occuper de l'observation microscopique ; à l'instant où nous écrivons cette page, on présente à la haute sanction de l'Académie un *quiproquo* de ce genre; il est donc tout aussi nécessaire aujourd'hui, qu'il y a près de dix ans, d'entrer dans quelques détails sur les moyens de distinguer les globules indissous des organes globulaires insolubles, ainsi que sur les causes qui peuvent arranger en globules les parcelles de substance que le liquide dans lequel on les observe, divise, mais ne dissout pas.

645. Toute substance liquide insoluble dans un autre liquide, mais d'une moindre densité, s'y arrange en lentilles lorsqu'on l'y divise par l'agitation ; tout le monde a reconnu cet effet de l'agitation sur l'huile ordinaire, c'est une loi de la capillarité. Par le repos, on voit toutes ces petites lentilles se rapprocher, se réunir en lentilles d'un plus grand diamètre, et former ensuite une couche qui peut s'étendre d'un bord du vase à l'autre, si le nombre de ces lentilles est assez grand, et si la substance est de composition, et par conséquent de densité homogène.

646. Mais il arrive des cas, et ils sont fréquents dans l'étude des corps organisés, où ces molécules indissoutes possèdent des densités différentes, en sorte que les unes peuvent rester, plus longtemps que les autres, à différentes profondeurs. Dans ce cas, ces molécules s'arrangent en globules parfaitement sphériques, qui réfractent tellement les rayons lumineux, qu'ils en apparaissent noirs avec un petit point lumineux au centre ; si le diamètre de leur image ne dépasse pas un millimètre, au grossissement dont on se sert, ils jouent le rôle d'autant d'organes qu'aurait isolés le déchirement du tissu. Or, la différence de densité, dont chacun de ces globules donne des signes, par la profondeur du liquide à laquelle il s'arrête en suspension, cette différence leur vient d'un mélange ou d'un menstrue, et de ce que chacun d'eux renferme une quantité différente de la substance qui lui est étrangère.

647. Ne décidez donc pas que les globules, que vous voyez flotter dans le liquide soumis à l'objectif du microscope, sont des organes; mais faites-en l'analyse, avant de vous prononcer sur leur nature et leur origine; et vous reconnaîtrez, dans un grand nombre de cas, que ces prétendus organes ne sont qu'un précipité globulaire d'albumine, de gluten, d'huile essentielle, ou de résine liquide. Les expériences suivantes mettront le fait dans toute son évidence.

648. Versez une goutte d'eau distillée dans l'eau de Cologne, qui, comme on le sait, n'est qu'une dissolution alcoolique de diverses essences végétales, et tout à coup la liqueur deviendra laiteuse (116) à l'œil nu; et au microscope on y verra se mouvoir, avec la rapidité de la tempête, si on observe en vase ouvert (598), des myriades de globules de même diamètre et de même pouvoir réfringent, mais dont la grosseur variera en raison

(*) *Annales des sciences d'observation*, tome I, page 252, 1829.

des quantités respectives du menstrue, des huiles essentielles, et de l'eau qui les précipite.

649. Il en sera de même de toute dissolution alcoolique ou éthérée de substances liquides, qu'on cherchera à précipiter au moyen de l'eau; on croirait, à la première vue, et tant que la gouttelette microscopique n'est pas évaporée, on croirait avoir devant soi des myriades de *monades* s'agitant avec une vélocité inaccoutumée. Mais en laissant évaporer le liquide, et lorsque tous ces globules se sont attachés à la lame de verre, on s'assure de nouveau qu'ils ne sont rien moins qu'organisés, en les recouvrant d'une nappe d'alcool ou d'éther; ils disparaissent en effet alors presque tout à coup à la vue.

650. Toute substance qui se précipite (110) à l'état liquide, d'un menstrue qui la tenait auparavant en dissolution, prend la forme globulaire; et les globules sont d'autant plus analogues entre eux par la forme et le diamètre, que la précipitation se fait avec plus de régularité.

651. Dissolvez de l'albumine de l'œuf dans l'acide hydrochlorique concentré, le liquide prendra successivement une teinte purpurine et violette, si l'on opère dans un flacon bouché à l'émeri et qu'on abandonne le mélange plusieurs heures à lui-même. Exposez alors dans une capsule de verre la portion liquide de la dissolution, à l'évaporation spontanée, et vous ne tarderez pas à voir le fond du vase se couvrir d'une couche poudreuse, blanche, qui, observée au microscope, ne se compose que de jolis globules blancs sphériques et d'un égal diamètre; ce sont des globules d'albumine, qu'une nouvelle addition d'acide hydrochlorique redissoudra de nouveau. Tout autre menstrue volatil, dans lequel l'albumine est soluble, l'abandonnerait sous les mêmes formes, en s'évaporant, pourvu toutefois que l'évaporation eût lieu avec la régularité de l'évaporation de l'acide hydrochlorique.

652. Le gluten ou albumine végétale présente les mêmes phénomènes, si on abandonne à l'évaporation l'acide volatil ou l'ammoniaque qui le tenait en dissolution. Le liquide en devient laiteux, par la formation d'innombrables globules d'égal diamètre, qu'on prendrait, de prime abord, pour tout autant d'organes et même de monades en mouvement, lorsqu'on les observe au microscope.

653. La forme et les dimensions de ces globules varient dans le même liquide, lorsque leur substance est un mélange de deux ou trois substances différentes. C'est ainsi qu'ayant dissous un mélange de sucre et d'huile dans l'alcool concentré et bouillant, il se produisit par le refroidissement un précipité en apparence sirupeux, et qui, observé au microscope, ne se composait que de beaux globes limpides, parfaitement isolés, quoiqu'en contact les uns avec les autres, et dont les dimensions variaient depuis $\frac{1}{15}$ jusqu'à $\frac{1}{500}$ de millimètre en diamètre. Une larme de ce dépôt placée au foyer du microscope, avait l'air d'un tissu cellulaire à cellules distinctes et presque désagrégées, toutes d'une parfaite limpidité et se superposant comme le font les globules de fécule de la plus belle espèce.

654. Quelquefois ces grands globes produits par la précipitation, sont des espèces d'agrégats de plusieurs autres globes d'un moindre diamètre; en sorte qu'ils apparaissent alors comme des cellules grossies de plus petites cellules, et analogues aux cellules vertes, qui se désagrégent dans l'eau, par le déchirement du tissu des feuilles grasses (pl. 6, fig. 20).

655. Or nous pourrons rencontrer toutes formées d'avance, dans l'étude d'une dissection microscopique, les circonstances que nous faisons naître à volonté par les procédés précédents; et comme nous en ignorerons l'origine, nous serons exposés à prendre et à dessiner, ainsi que tout autant d'organes, les simples formes d'une précipitation. Cette méprise a été consignée plus d'une fois dans les livres, avec tout l'appareil d'une vérité et d'un fait sagement observé. C'est dans ce cas surtout que l'analyse chimique doit venir en aide à la dissection, et en éclairer la marche, ainsi que les inductions.

CHAPITRE V.

ÉTUDE DES RÉACTIONS EN PETIT (46).

656. L'art d'opérer en petit n'est pas seulement un art économique, c'est un art méthodique; la méthode, en effet, a pour but de multiplier les observations, en abrégeant leur durée, et elle aplanit les difficultés que pour rendre plus courte la route qui conduit au vrai; aussi voit-on les chimistes les plus sages opérer tous leurs essais sur des quantités minimes; et les récipients dont ils font usage le plus fréquemment ne dépassent pas le calibre des verres de montre. Un sot, au contraire, craindrait de déroger, s'il n'avait

pas à sa disposition, pour la réaction chimique la plus indifférente, des livres de substance, de grandes capsules de platine, et des ballons d'un litre au moins de capacité; aux yeux de cet homme-là on ne fait de la bonne chimie qu'aux frais d'un gouvernement et sous la voûte d'un amphithéâtre; la dignité de l'oxygène et de l'hydrogène serait compromise, à n'avoir, pour se dégager librement, que le coin de la cheminée, et l'intérieur de la mansarde; aux yeux du même homme, l'anatomie transcendante est celle de l'éléphant, et elle n'avancera d'un pas de plus qu'alors qu'il nous sera loisible de disséquer un mammouth. Donnez à cet homme-là du platine en abondance, des substances par quintaux, une basilique pour amphithéâtre et des mammouths à disséquer, puisqu'il ne lui a été octroyé de voir la nature que sous ce calibre, et d'être heureux qu'en raison du poids et du volume. Pour nous, n'oublions jamais que la nature est la même sous toutes les dimensions; qu'elle n'est ni grande ni petite, qu'elle est vraie, que la grandeur est un rapport donné par la structure de nos organes, mais que toute vérité est également grande, dès qu'elle est démontrée. Quelle inconséquence que celle d'un homme, qui s'amuse à peser par la théorie les atomes des corps, et qui dédaigne les moyens par lesquels on peut en aborder la molécule! Est-il permis de s'en rendre compte, si ce n'est en pensant que c'est une inconséquence de commande, qu'on affiche en public par ordre, et dont on a hâte de se dépouiller en secret et par devers soi? Mais, grâce à la puissance du vrai, on n'use presque plus aujourd'hui commander de pareilles inconséquences. La nature subventionnée n'a presque plus horreur du verre de montre; que dis-je? elle commence à s'en servir sans l'avouer; et elle s'en sert d'une telle vigueur qu'il lui arrive de nous le casser sur le front, ce qui, du moins, vu les dimensions des armes, ne saurait faire beaucoup de mal.

657. Dans toutes les espèces de recherches, arrivez à voir distinctement, et raisonnez juste; peu importe ensuite sous quel volume vous aurez observé.

658. Ici nous portons, sous ce rapport, encore plus loin la hardiesse; nous abandonnons le verre de montre, et nous abordons le porte-objet à réactif; c'est-à-dire que nous étudions la réaction chimique sur un champ d'un peu moins d'un millimètre.

659. La première condition à remplir, dans toute réaction microscopique, c'est de tenir le porte-objet dans un état de propreté microscopique à son tour, et de n'employer les réactifs, qu'après avoir constaté, au microscope, la nature des impuretés qu'ils sont dans le cas de contenir; sans cette précaution, on s'exposerait à prendre des fibrilles de poussière, des débris d'étoffes et du filtre en papier, des filaments de coton, etc., pour des organes nouveaux, ou même pour des produits de la réaction. On place, en conséquence, le réactif en premier lieu sur le porte-objet, on en reconnaît la coloration spéciale et le nombre des impuretés. Tous les phénomènes qui s'y montreront, lorsqu'on y aura déposé la substance d'essai, appartiendront dès lors nécessairement à l'action de la substance seule.

660. Que si la substance est attachée à une lame de verre, et en trop petite quantité, pour qu'on puisse impunément en transporter des fragments sur une autre lame, on l'examinera avec soin, pour s'orienter dans l'espace qui renferme l'objet dont on veut étudier la nature, et afin de pouvoir reconnaître ce qui l'entoure, lorsque tout sera déplacé, par suite du mouvement de la réaction; sur un autre porte-objet, on soumet le réactif à la même investigation; et on amène ensuite en contact le réactif et la substance sous l'objectif du microscope, de manière à assister à la réaction, depuis le commencement jusqu'à la fin. On n'écrit et on ne dessine un résultat, que lorsqu'après avoir réitéré, s'il le faut, l'opération, on est parvenu à s'en faire une idée nette; on passe alors à d'autres réactions, en suivant la même marche.

661. Pour amener le réactif sur la substance sous ses propres yeux, on en place une goutte sur la lame du porte-objet, à une distance quelconque de la place qu'occupe la substance. On promène, sous la lentille, la pointe d'une aiguille d'acier ou de platine (pl. 3, fig. 18, *aig*), selon la nature du réactif, jusqu'à ce qu'on ait rencontré le mouvement de la main, capable d'amener la pointe à la hauteur de l'objet qu'on observe, en ayant soin de ne point heurter celui-ci. On continue la courbe jusqu'à ce qu'on soit arrivé à rencontrer la goutte du réactif, dans laquelle alors on plonge la pointe de l'aiguille; et en suivant la courbe du premier mouvement, on amène sur la substance la gouttelette du réactif, qui suit, sur la lame de verre, les traces de l'extrémité du fil. Lorsqu'on n'a pas besoin d'employer une si grande quantité de substance, on se contente de tremper

l'extrémité de la pointe dans le liquide du réactif, et la goutte qui reste adhérente au métal suffit pour donner une réaction distincte.

662. Si l'on craignait de perdre une occasion rare et presque unique, et qu'on attachât une grande importance à réussir dès la première fois, on disposerait, le long du tube du microscope, un tube de verre du calibre de deux ou trois millimètres, courbé et effilé à son extrémité inférieure; on amènerait celle-ci sur le porte-objet tout auprès de l'objet qu'on observe; on introduirait une goutte de réactif dans l'extrémité supérieure, au moyen de l'entonnoir à mercure (pl. 3, fig. 24); par la force de la capillarité, cette petite fraction de liquide s'arrêterait à l'extrémité effilée; on s'assurerait alors que l'orifice de celle-ci est en regard de l'objet qu'on veut soumettre au réactif; et, tout en ayant l'œil au microscope, on n'aurait qu'à souffler légèrement par l'extrémité supérieure du tube de verre, pour faire arriver le réactif sur l'objet; mais dans le plus grand nombre de cas, il n'est pas nécessaire d'avoir recours à une manipulation aussi délicate.

663. Lorsqu'on se sert, pour les réactions, des porte-objets à cavités (pl. 5, fig. 9), il suffit souvent d'incliner légèrement la platine du microscope, en calant un des côtés de son support, pour faire couler le réactif sur la substance elle-même; et afin d'éviter que le liquide ne prenne une direction à droite ou à gauche, on aura alors la précaution, soit de l'encaisser dans une espèce de gouttière en cire ou en argile, soit de corroder la gouttière dans la substance du verre lui-même. Dans le premier cas, il n'est besoin que de placer sur la lame deux petits cordons parallèles de cire ou d'argile, ou même de graisser toute la surface de la lame de verre, à l'exception de celle qu'on veut faire parcourir au réactif.

664. Nous avons ci-dessus décrit les procédés destinés à faciliter l'observation, dans l'emploi des liquides volatils (488).

665. L'effervescence est une réaction dont on peut tirer le plus grand parti au microscope; parce que la gazéification, qui en est la cause, se fait toujours sous un volume reconnaissable, quelle que soit la quantité de substance sur laquelle on opère; car les gaz, par la propriété qu'ils ont de se dilater indéfiniment, et de s'arrondir en bulles dans tout milieu liquide (577), ne sauraient échapper à l'œil qui en observe le dégagement, au moyen de la réfraction.

666. Si, dans un liquide observé, vous remarquez un rhomboèdre ou un bloc opaque de la plus petite dimension, qui reste insoluble, et qu'à l'instant où vous ferez parvenir près de lui une goutte d'acide nitrique ou hydrochlorique, ou acétique, étendu d'eau, il s'en dégage des bulles noires (pl. 9, fig. 8, *f*), qui disparaissent en s'échappant du liquide, et qu'après la fin de cette effervescence le cristal ait disparu à son tour, vous aurez eu devant les yeux un cristal ou un fragment amorphe de carbonate, qui, dans les tissus et les liquides organiques, est presque toujours calcaire, ce dont on peut s'assurer au moyen d'autres réactions.

667. Si le cristal est soluble, ce sera un bicarbonate, qui, en chimie organique, est assez fréquemment à base de soude ou de potasse, ce que l'on reconnaîtra encore par d'autres réactions.

668. Si l'on veut constater qu'une cristallisation déposée sur le porte-objet, à la suite de l'évaporation d'un liquide, appartient aux hydrochlorates, à l'hydrochlorate de soude, par exemple (pl. 8, fig. 12, *a*), aux nitrates, aux hydriodates, etc., on l'attaquera d'abord par un acide étendu d'eau, qui la dissoudra sans effervescence, et la déposera une seconde fois sous forme de cristaux. Si, au contraire, on amène sur ceux-ci une goutte d'acide sulfurique concentré, tout à coup il se produira l'effervescence la plus vive; le cristal détaché de la surface du verre semblera le jouet de cette petite tempête qui émane de son sein, et voltigera dans tous les sens, lancé çà et là par l'acide volatil que l'acide sulfurique élimine, sous forme de bulles gazeuses (*a'*), en se combinant avec la base du sel.

669. Si la présence d'un alcali caustique, de la potasse, par exemple, produit de l'effervescence dans un liquide, ou détermine, sur un cristal observé au microscope, l'apparition d'une bulle de gaz (577), c'est une preuve de l'existence d'un sel à acide fixe et à base d'ammoniaque.

670. Après l'effervescence, les réactions les plus précieuses au microscope sont celles qui colorent les objets. La solution aqueuse d'iode, qui colore en jaune les tissus, indique que les globules plus ou moins gros, que l'on a sous les yeux, sont des globules de fécule, en les revêtant d'une belle teinte plus ou moins foncée de violet ou de bleu (pl. 6, fig. 2, *a*). L'indication serait moins précise, si la coloration bleue se manifestait sur le liquide observé, et non sur des tissus; car l'iode colore également en bleu la résine de gaïac et les grains de pollen. L'alcalinité du liquide paralyserait

Digitized by Google

la réaction de l'iode; en sorte qu'on ne doit, en général, se prononcer sur l'absence de ce caractère, qu'après avoir préalablement aiguisé la réaction par un acide, à moins qu'on n'emploie l'iode en grande quantité, ce qui ne s'obtient que par une teinture alcoolique; mais celle-ci serait dans le cas de coaguler certains liquides, de nuire à la vision en produisant des magmas, et même de soustraire la substance féculente à la réaction, en l'enveloppant dans la portion coagulée.

671. Le prussiate ferruré de potasse, aiguisé d'un acide, colore en bleu les tissus et les liquides ferrugineux, et cette coloration est aussi distincte au microscope qu'en grand, quelles que soient les dimensions de l'objet microscopique.

672. L'acide nitrique colore en jaune les tissus albumineux (pl. 8, fig. 1, *f*); l'acide hydrochlorique concentré les colore en purpurin d'abord, et ensuite en bleu (pl. 8, fig. 1, *d*, *e*); l'acide sulfurique les coagule en blanc d'abord, puis les noircit et les carbonise, ainsi que tous les tissus organisés, de quelque nature qu'ils soient, que l'on soumet à son action prolongée; à la longue, il les résout en globules noirs, et ceux-ci en d'autres globules d'une plus faible dimension; il en est de même, à la longue, de l'action de l'acide hydrochlorique concentré et de tous les acides énergiques du règne minéral sur les tissus organisés, à l'exception de l'acide nitrique, qui les transforme en les dissolvant.

673. L'acide sulfurique colore en jaune le sucre, et en couleur brique les bulles.

674. L'acide sulfurique tenant en dissolution de l'albumine ou de l'huile d'olive, imprime, à tout suc saccharin, une magnifique couleur purpurine (pl. 9, fig. 3); l'acide sulfurique tenant en dissolution du sucre, imprime la même coloration et à l'albumine animale ou végétale, et aux huiles; le sucre de canne prend la même coloration par l'acide arsénieux, d'après Elsner.

675. Les alcalis liquides (et au microscope on doit se servir de préférence de l'ammoniaque étendu d'eau), colorent en bleu les cellules de certains tissus naturellement colorées en purpurin. Le plus faible acide minéral ou organique colore en purpurin, les cellules de certains tissus remplis d'une substance colorante bleue.

676. Un liquide acide rougira, par la même raison, le tournesol liquide (54) qu'on amène dans son sein; un liquide alcalin bleuira le tournesol rouge par un acide.

677. Les dissolutions cuivrées coloreront en bien les tissus qui renferment de l'ammoniaque libre ou en excès.

678. Le muriate de platine exige ou microscope une certaine habitude; parce que sa couleur, déjà citrine, peut donner le change, sur la coloration jaune, qu'il doit communiquer à la potasse et à l'ammoniaque. En cristallisant par évaporation, ce réactif seul se colore presque, comme s'il était mêlé à la potasse, et ses cristaux affectent à peu près les mêmes formes que par la présence de cette base; ce sont des lames hexagonales isolées les unes des autres; or, comme au microscope la couleur jaune est celle qui admet le moins de nuances distinctes, nous avons, en général, retiré de très-faibles indications de ce réactif. Cependant, en procédant d'une manière comparative, il sera possible d'en obtenir un parti plus satisfaisant.

679. Le nitrate d'argent dénotera la présence des hydrochlorates dans la gouttelette microscopique, en troublant la transparence du liquide d'abord, et en se colorant en violâtre, par une exposition prolongée à l'air.

680. Les cellules remplies de cire perdent leur opacité, et se colorent légèrement en jaune par l'ammoniaque, qui ensuite, en s'évaporant, abandonne la cire, sous forme de plaques plus légères que l'eau.

681. Les cellules rendues opaques par la présence d'une résine solide, ou qui réfractent fortement en bleu la lumière par l'huile essentielle ou fixe qui les distend, se décolorent, acquièrent une limpidité toujours croissante, et finissent par s'aplatir tout à fait, après un séjour plus ou moins prolongé dans l'alcool, dans l'éther, dans un acide faible, et même dans l'huile d'olive ou autre.

682. Les tissus rendus opaques au microscope, par la présence de cristaux de diverse nature, reprennent leur transparence naturelle dans un acide faible ou énergique, si ces cristaux sont des sels ou bien dans la solution de potasse, si ces cristaux sont siliceux.

683. Le séjour dans l'eau pure suffit pour rendre leur transparence aux tissus, dont l'opacité provenait de la présence du mucilage, de la gomme, de l'albumine liquide, ou d'un sel en état de dissolution.

684. L'alcool, l'éther, au contraire, rendent opaques (*) les cellules remplies d'une gomme li-

(*) Tout objet opaque apparaît noir au microscope, par transmission des rayons lumineux, alors même que, par réflexion, il serait d'une blancheur éclatante.

quide ou d'albumina ; et ces deux réactifs granulent et plissent les membranes glutineuses at fibrineuses.

685. Toute cellule pleine d'air ou de gaa est noire, lorsqu'on l'observe sous une nappe de liquide.

686. Or, comme les divarses substances organiques se trouvent logées dana des cellules microscopiques, et souvent séparées antre ellas par les plus faibles distances, et même par la simple épaisseur de deux membranes accolées sur leurs parois respectives, il sera ansai prompt que facile, au moyen des réactions microscopiques, de s'assurer de leur présence ou de leur absence dans le sain d'un organe, de mesurer la région qu'occupe chacune d'ellea, de peindre enfin aux yeux, par tout autant de couleurs différentes, la topographie du tissu le plus compliqué, comme on colorie une carte géographique.

687. Nous conseillons à toutes les personnes qui s'adonneront à l'étude de la nouvelle méthode, da se mettre à la recherche des réactions de coloration, dont la liste n'est pas encore très-riche ; car ce sont les réactions dont la physiologie, ainsi qua la chimie organique, peuvent retirer les plus grands avantages.

688. Si de toutes ces réactions microscopiques on n'a obtenu que des résultats négatifs ou équivoques, on aura recours aux réactions par le chalumeau.

RÉACTIONS PAR LE CHALUMEAU (347).

689. Les réactions par le chalumeau s'obtiennent presqna toutes par la fusion (44) ; les réactifs y prennent le nom de *fondants*, et la résultat est una vitrification infiniment patite.

690. Les fondants dont on fait un nsage plus fréqnent, sont le *carbonate de soude*, le *borax*, la *salpêtre* (nitrate de potasse), l'*acida borique vitrifié*, le *sel de phosphore* (phosphate double de soude et d'ammoniaqua), toutes substances purifiées par la cristallisation et broyées en poudre ; la solution aqueuse da *nitrate de cobalt* ; l'*étain*, le *fer*, le *plomb* à l'état métallique ; l'*oxyde de cuivre* ; et enfin la poudre de *cristal de roche*.

691. On prend una parcelle des plus minimes de la substance dont on désire reconnaître la nature par l'action des fondants ; on la dépose sur une des petites coupelles dont nous avons déjà parlé (360), qui elle-même est placée sur le charbon (pl. 5, fig. 7', *ch*) ; on recouvre cette petite parcelle avec la poudre de l'un des fondants ci-dessus, ou on la met en contact avec un fragment de l'un des trois métaux ; on approche de la main gauche le charbon tout près da la flamme de la lampe (*lm'*, 7), vis-à-vis de laquelle on amène l'ajutage (*β*) du chalumeau (fig. 8), que l'on tient de la main droite dans une position fixe en appuyant le coude sur la table nu sur un établi ; et l'on commence à projeter la flamme sur la coupelle, par une insufflation modérée, que l'on rend graduellement de plus en plus intense. Le fondant bouillonne, se concentre, dissout la substance, rougit, et si on l'abandonne à un refroidissement spontané, la dissolution se prend en un émail, dont les diverses colorations sont tout autant de signes caractéristiques, affirmatifs ou négatifs. On en prend note ; on dépose à part la coupelle, et l'on passe à une autre réaction sur una nouvella coupelle, et an moyen d'un nouveau fondant. On a soin de vérifier toutes les indications à la loupe, et même quelquefois au microscope. Passons maintenant en revue les substances inorganiques que l'on rencontre le plus communément dans le règne organique, et dont les fondants sont dans le eas de faire reconnaître la présence sous le plus petit volume.

692. Le CARBONATE DE CHAUX répand au chalumeau, en s'alcalisant, une lumière éblouissante par sa blancheur. On vient d'utiliser ce phénomène pour l'éclairage des phares ; on a même tenté d'éclairer les microscopes solaires avec cette lumière artificielle. Les sels calcaires à acides organiques présentent au chalumeau le même éclat. Il faut en dire autant des tissus ; c'est ainsi qu'on peut reconnaître la présence de la chaux, dans une simple fibrille de coton, en l'approchant de la lumière blanche de la flamme d'une chandelle ; la fibrille se recroqueville, noircit, s'incinère, sans presque se déformer ; et c'est alors que les cendres répandent l'éblouissante clarté, qui caractérise la présence de la chaux.

693. La MAGNÉSIE libre ou combinée prend, en refroidissant, une belle couleur de chair plus ou moins intense, par la solution de cobalt.

694. L'ALUMINE, libre ou combinée, prend, par la même fondant, une belle couleur bleue, qu'on ne distingue bien qu'au jour.

695. Par le nitrate de cobalt, la BARYTE prend une couleur rouge brun, rouge-brique ou jaune-

rouille, tant qu'elle est chaude, et perd toute coloration en refroidissant.

696. Par le même réactif au contraire, la STRONTIANE devient noire et ne fond pas.

697. Par le même réactif, la SILICE prend une teinte bleuâtre, qui devient noire à une plus forte dose de cobalt.

698. Le MANGANÈSE fondu avec le borax, prend une couleur d'améthyste, qui se perd en refroidissant ; mais cette couleur persiste, si on y ajoute un peu de salpêtre. C'est par ce procédé qu'on peut constater la présence du manganèse, dans une pelure de pomme.

699. Le FER se décèle par le borax. Au feu d'oxydation, le fer prend une couleur rouge sombre, qui se termine par une teinte jaunâtre. Au feu de réduction, et, dans tous les cas, en ajoutant au mélange un peu d'étain, on obtient un vert-bouteille souvent très-foncé.

700. Le PLOMB seul s'oxyde en jaune; avec la soude l'oxyde devient jaunâtre, et opaque par le refroidissement. L'oxyde forme, par la fusion, un beau vert orangé, qui se réduit ensuite avec effervescence en un grain de plomb. Par le borax, et en y ajoutant un globule d'étain, les oxydes de plomb deviennent d'un noir plus ou moins intense.

701. Le ZINC fond et s'oxyde en fleurs blanches. Les sels de zinc, par la solution de cobalt, donnent une couleur verte.

702. L'ARSENIC et les ARSÉNIATES répandent une odeur d'ail, et disparaissent, en tout ou en partie, par l'oxydation et par la vaporisation.

703. L'ANTIMOINE se vaporise en fumée blanche, en répandant une odeur piquante.

704. Le CUIVRE, ses alliages et ses sels, prennent une belle couleur rouge, par le borax, auquel on ajoute de l'étain pur, pendant la fusion.

705. Les oxydes et sels de MERCURE déposent un globule métallique de mercure, par la soude. Le cinabre seul se volatilise sans résidu, en répandant une odeur d'acide sulfureux ; il en est de même du muriate de mercure.

706. PHOSPHATES. Berzélius pense que leur présence peut très-bien être constatée par le fil d'acier. Il fond la substance dans l'acide borique ; il plonge, dans la boule en fusion, l'extrémité d'un petit fil en acier, et produit un bon feu de réduction. « Le fer, dit-il, s'oxyde aux dépens de l'acide phosphorique, d'où résultent du borate d'oxydule de fer et du phosphure de fer. Ce dernier fond à une température assez haute. On enlève le globule fondu et refroidi, pour le mettre sous l'enclume ; on l'enveloppe dans un morceau de papier ; on le frappe légèrement avec le marteau, pour opérer la séparation du phosphure de fer, qui se présente alors sous forme d'un culot métallique, attirable à l'aimant, et dont la cassure offre la couleur du fer. » L'auteur ajoute qu'on ne saurait découvrir, par ce procédé, une proportion d'acide phosphorique, qui ne s'élèverait pas au delà de 4 ou 5 pour 100. Cette réaction nous paraissait d'un trop haut prix, dans l'étude des tissus organiques, qui, comme l'on sait, renferment si souvent du phosphate de chaux, pour que nous ayons vu avec indifférence un procédé aussi facile que celui qu'indique Berzélius. Mais nous sommes resté convaincu que l'auteur avait trop restreint cette réaction du fer, et que tous les caractères assignés à la présence des phosphates, se montrent, sur le fil d'acier, avec des substances d'une tout autre nature, et même avec l'acide borique seul.

707. La réaction microscopique fournit des indications plus sûres, lorsque le phosphate de chaux se trouve, dans les tissus, à l'état cristallisé. Nous les décrirons, en nous occupant plus spécialement de la cristallisation.

708. Ce sont là à peu près les réactions les plus précises que les études de chimie organique soient dans le cas d'emprunter au chalumeau ; elles se réduisent presque à constater la présence de certains métaux, qui se trouvent naturellement dans les cendres d'une substance, ou qui ont été introduits accidentellement dans le tissu organisé.

709. Quand il s'agit seulement de reconnaître si la substance soumise à l'observation appartient au règne organisé ou au règne inorganique, il n'est pas besoin de la flamme activée par le chalumeau, pour obtenir ce premier résultat. Il suffit, en effet, de tenir la substance en contact avec la zone blanche de la simple flamme d'une chandelle ; car la chaleur dégagée par la combustion s'élève là environ à 600° ; et l'on sait que les substances

organisées commencent à se décomposer déjà un peu au-dessus de 100°. Les caractères que présente la substance organisée qui se décompose, sont, de se recroqueviller, de se tordre en différents sens, de se boursoufler ensuite, de bouillonner, de noircir en répandant une fumée plus ou moins fuligineuse et ammoniacale, et enfin de s'incinérer.

CHAPITRE VI.

PRÉCIPITATION EN PETIT (110).

710. Lorsqu'on opère la précipitation à la vue simple, on doit se servir de petites éprouvettes étroites et à parois très-minces (pl. 3, fig. 23, *a*); ces petits vases cylindriques permettent de mieux distinguer les phénomènes, placés entre l'œil et la lumière. Dans le sens de leur longueur en effet, ils réfractent peu la lumière (398); et c'est dans ce sens qu'ils donnent plus de place au liquide. On introduit la substance liquide ainsi que le réactif, au moyen du petit entonnoir à mercure (pl. 3, fig. 24).

711. La précipitation au microscope s'opère dans la cavité (*sp*) des porte-objets à réactifs (pl. 5, fig. 9), et de préférence, si on le peut, sur une lame de verre à surfaces parallèles; la cavité en segment de sphère fait l'office d'une lentille et réfracte les rayons, au lieu de les transmettre à l'objet microscopique, tels qu'ils sont réfléchis par le miroir. Dès que le réactif précipite la substance, il se produit dans le liquide, ou sur les plaques plus ou moins colorées, plus ou moins bosselées, qui imitent des grumeaux de tissus albumineux, ou bien des cristallisations régulières, ou bien de grands globes liquides, ou bien des globules de même aspect et d'un plus petit diamètre, ou bien enfin de petits points presque incommensurables et opaques, qui troublent la transparence du liquide, et se tiennent plus ou moins distants les uns des autres.

712. Mais ces sortes de réactions exigent, de la part de l'observateur, d'autant plus de précautions et d'adresse, que la quantité de substance sur laquelle on opère est moins considérable, et que le mélange est plus compliqué. Ce n'est pas d'après une première indication, que l'on doit établir un jugement sur l'évaluation du phénomène.

713. Il serait facile de soumettre au microscope les caractères d'une précipitation qu'on opère en grand, au moyen de l'appareil suivant. Soit un tube de verre effilé à la lampe, sur une portion quelconque de sa longueur, et coudé verticalement de chaque côté en sens inverse l'un de l'autre, en sorte que l'une des extrémités serve à recevoir le liquide et l'autre à l'écouler; celle-là étant évasée en entonnoir (378), et celle-ci étant effilée d'une manière aussi capillaire qu'il sera possible de le faire, sans en obstruer l'ouverture. Si, l'appareil étant fixé sur le porte-objet (*pb*) du microscope (fig. 1, pl. 5) et au foyer de la lentille objective; si, dis-je, on continue à verser, dans la portion évasée du tube, la substance liquide et le réactif destiné à produire le précipité, le phénomène passera, sous l'œil de l'observateur, d'une manière si lente et si continue, qu'il deviendra impossible de se méprendre sur les caractères de la réaction, et que cette seule opération en grand équivaudra à une série innombrable d'opérations microscopiques, lesquelles ne s'obtiendraient qu'à force de patience et de temps.

714. La CRISTALLISATION (146) est un des phénomènes de la précipitation, qui peut fournir, à l'analyse microscopique, les plus prompts et les plus heureux ressources : car elle offre la substance sous une forme et dans une position déterminée; ce qui permet, après en avoir mesuré les angles et les contours, de l'attaquer par les réactifs ci-dessus indiqués, sans craindre les perturbations des mélanges; en sorte qu'avec deux ou trois cristaux d'un huitième à peine de millimètre, on peut arriver à un résultat tout aussi sûr, que si l'on opérait en grand sur plusieurs livres de substances. Nous avons décrit les réactions ci-dessus (656); il nous reste à nous occuper des procédés, par lesquels on arrive à mesurer au microscope les angles des cristaux, c'est-à-dire des procédés goniométriques (134).

715. Nous avons fait construire deux espèces de GONIOMÈTRES, qui s'adaptent, l'un au microscope simple, et l'autre au microscope composé.

716. *Goniomètre du microscope simple* (pl. 5, fig. 15). La forme générale de ce petit instrument est celle d'un *porte-objet* ordinaire; et, comme la lame de verre d'un porte-objet ordinaire, il entre à frottement dans la rainure de la platine en cuivre. Il se compose de deux cercles en cuivre concentriques, qui tournent horizontalement l'un sur l'autre, et sont tenus attachés ensemble par deux tenons (*t*) diamétralement opposés, qui, fixés sur

la paroi externe du cercle supérieur, pénètrent, en se recourbant en crochet, dans une rainure circulaire pratiquée dans l'épaisseur du cercle inférieur. Chacun d'eux supporte une lame de verre mince (*l*), qui tourne avec lui. Les deux lames sont appliquées surface à surface, mais de manière qu'elles ne puissent pas s'érailler par le frottement. Elles sont marquées au diamant, sur les surfaces contiguës, d'une ligne droite qui passe par leur diamètre; la lame supérieure porte cette ligne sur sa surface inférieure, et la lame inférieure sur sa surface supérieure. Le bord du cercle en cuivre supérieur, est gradué en 360 degrés, dont 180 seulement sont marqués au trait, en sorte que chaque division correspond à 2 degrés. La ligne tracée au diamant, sur la lame supportée par ce cercle, doit s'étendre de zéro à 180 degrés. Que l'on dépose maintenant un cristal (*c*) tout près de l'entre-croisement des deux lignes diamétrales, et que l'on puisse amener l'un des côtés d'un angle quelconque à coïncider avec l'une des deux lignes; on fera tourner le cercle supérieur sur l'inférieur jusqu'à ce qu'on fasse coïncider la ligne diamétrale du cercle inférieur avec l'autre côté de l'angle du cristal; si alors il se trouve que le sommet du cristal coïncide avec le point d'entre-croisement des deux lignes diamétrales, et que ce point soit situé au centre du cercle gradué, il ne restera plus qu'à lire le nombre des degrés compris entre les deux côtés de l'angle obtenu. Mais avec quelque précision que procède l'artiste, il est presque impossible d'arriver à faire que les deux lignes diamétrales se superposent exactement, et forment alors, en se confondant à la vue, un seul et même diamètre. Il s'ensuit qu'il serait impossible d'obtenir que, dans toutes les observations, le point d'entre-croisement soit situé exactement au centre du cercle gradué; ce qui fera que l'angle mesuré sera moindre ou plus grand que la réalité. On corrigera cette erreur, en divisant la somme des deux angles opposés par 2: le quotient donnera l'ouverture véritable de l'angle que l'on mesure.

717. Mais pour que l'œil puisse distinguer en même temps et les lignes diamétrales, et les angles du cristal dont ces deux lignes doivent donner la mesure, c'est-à-dire pour que les lignes et les angles se trouvent à la fois au foyer de la lentille, il faut que celle-ci soit d'un assez long foyer; en général, on éprouverait de la difficulté à se servir d'une lentille d'une puissance au-dessus d'un pouce de distance focale. Afin de ne pas déranger l'appareil, on lit la graduation avec une loupe à la la main.

718. Goniomètre du microscope composé. Il serait impossible d'amener à la fois au foyer des grossissements élevés, et l'objet qu'on veut mesurer, et les deux fils du goniomètre, qui sont destinés à fournir la mesure des angles. Du reste, il n'est pas, dans la nature, de fils assez déliés pour se prêter à ces sortes de grossissement, le fil d'une araignée y paraissant de la grosseur d'un câble. Les lignes tracées au diamant sur le verre exigeraient l'emploi de deux lames de verre, comme dans le goniomètre du microscope simple, et à ces sortes de grossissements l'une des deux lames seules se trouverait au foyer. Ajoutez que le prix d'un instrument fait avec la perfection que cette destination réclame ne serait jamais à la portée des bourses ordinaires; car il faudrait parvenir à tracer des traits aussi purs que ceux des micromètres sur une longueur au moins de deux pouces, et en faire des diamètres d'un cercle; nos instruments de graduation ne se prêteraient pas à une telle difficulté. Mais le microscope composé réunit divers foyers, puisqu'il est un ensemble de divers grossissements. En soumettant donc le goniomètre à l'un des plus faibles grossissements, en même temps qu'on soumet l'objet au plus fort, l'œil recevra à la fois l'image nette et distincte de l'objet qu'on mesure et des fils qui servent à le mesurer. En conséquence, le goniomètre se place sur le diaphragme (*d'*, pl. 5, fig. 1), qui marque le foyer de l'oculaire externe. C'est un cercle gradué sur gélatine, qui déborde de deux ou trois millimètres seulement le diaphragme, et qui, tout en s'éclairant de la lumière transmise par l'objectif, laisse passer pure et intègre l'image de l'objet grossi. Ce cercle porte un fil de cocon de 0 à 180°. Le second fil de cocon, qui doit se croiser avec celui-ci, est tendu sur l'ouverture d'un cylindre en cuivre fixé sous la monture de l'oculaire (*oc'*), et qui descend assez près du cercle gradué, pour que les deux fils se superposent, mais pas assez pour que le cercle gradué soit exposé au moindre frottement. Au grossissement de cet oculaire, ces deux fils paraissent encore sans épaisseur, et comme des lignes géométriques. On sait que le chaton, où s'enchâsse la lentille oculaire (*oc'*), s'adapte au tube par un pas de vis très-lent; or, en faisant marcher ce pas de vis à droite ou à gauche, on pourra amener le fil mobile sur tous les degrés du cercle gradué, et le superposer même sur l'autre, de sorte qu'ils se confondent tous les deux à la vue. En conséquence, soit un cristal placé sur le porte-objet (*pb*, fig. 1), dont on désire

mesurer les angles. On amène le microscope au-dessus de lui, jusqu'à ce que le point d'entre-croisement des deux fils de cocon du goniomètre coïncide exactement avec le sommet de l'angle par lequel on désire commencer ; on tourne le tube de l'oculaire jusqu'à ce que le fil fixé sur le cercle se superpose exactement sur un des côtés du cristal ; on tourne ensuite le chaton de l'oculaire (*oc'*), jusqu'à ce que le fil qu'il faut mouvoir se superpose à son tour tout aussi exactement sur l'autre côté. On compte alors les degrés compris entre les deux angles opposés dont le cristal forme le sommet ; on divise la somme de ces deux angles par 2, et le quotient donne l'ouverture de l'angle que l'on mesure. Il n'est pas de si petit cristal qui ne se prête à ce procédé, pourvu que les angles en soient reconnaissables.

719. Le tube du microscope double (439) est trop étroit pour que la graduation puisse s'effectuer par degrés, et même par doubles et triples degrés ; on est obligé d'y adapter un tube de rechange d'un plus grand diamètre, ce qui en diminue le grossissement, mais ce qui, d'un autre côté, en augmente la netteté.

720. Ceux qui désireraient construire eux-mêmes le goniomètre, s'y prendront de la manière suivante. Ils colleront par les bords, sur une surface parfaitement unie, une grande feuille de papier blanc très-fort et humide, qu'ils laisseront se distendre en séchant. A peu près au milieu de cette feuille, ils colleront également par les bords une feuille de gélatine bien transparente et sans inégalités de surface, de quatre ou cinq centimètres de longueur. D'un point de cette feuille de gélatine pris comme centre, ils traceront au compas, sur la feuille de papier, un double cercle d'un diamètre aussi grand que le permettra la feuille, et de 30 centimètres au moins, que l'on graduera aussi exactement que l'on pourra en 360°. Du centre de ce grand cercle, on en tracera trois autres concentriques sur la feuille de gélatine, de manière que le plus externe ait le diamètre de l'ouverture du diaphragme, sur lequel on doit placer le goniomètre, et que le plus interne en soit à une distance qui permette d'écrire facilement la graduation. Cela fait, on prend une règle pesante en métal, dont on polit la surface avec le plus grand soin ; et l'on aiguise la pointe d'une lame d'acier de la manière la plus acérée. Il est évident que pour transporter sur le cercle en gélatine la graduation du grand cercle tracé sur le papier, il suffira de tourner la règle sur le centre, comme sur un pivot, et de tracer un trait sur la gélatine, toutes les fois que la règle coïncidera avec un trait tracé sur le cercle du papier, en ayant soin de ne prolonger les traits jusqu'au cercle le plus externe que pour les dizaines, et de s'arrêter au moyen pour tous les autres traits. On gravera ensuite les chiffres arabes à la loupe, avec la pointe du canif. Lorsque la graduation sera terminée, on découpera la gélatine non au ciseau, mais avec la pointe du canif, par des entailles successives, et en dirigeant la coupe à la manière de l'emporte-pièce. On enlève la rondelle circonscrite par le cercle le plus interne, et on découpe la gélatine d'après le diamètre exact du tube qui doit recevoir l'appareil, mais de manière que le cercle gradué entre facilement dans ce tube, et se trouve tout placé en tombant sur le diaphragme. On applique alors le fil de cocon, en plaçant à la circonférence du cercle, mais loin de la graduation, deux petites parcelles de colle d'amidon diamétralement opposées, par lesquelles on fait passer les deux extrémités du fil de cocon, que l'on distend avec précaution, à mesure que la colle sèche. L'on introduit ensuite le cercle dans le tube ; on examine à la loupe si l'ouverture du diaphragme coïncide avec la circonférence du cercle gradué ; on en amène la coïncidence au moyen d'une aiguille. On dépose après, aux deux extrémités du même diamètre, une parcelle de colle, qui s'applique dans l'angle formé par le cercle et les parois du tube, et on surveille l'appareil, jusqu'à ce que la colle soit desséchée complétement. C'est alors qu'on s'occupe de disposer le second fil à la base d'un cylindre en cuivre ou en carton, qui s'attache à la surface inférieure du chaton qui supporte la lentille oculaire (*oc'*).

721. A la rigueur, et lorsqu'il s'agit de mesurer des cristaux d'un certain volume, on pourrait avoir recours au procédé de la double vue (498. On obtiendrait ainsi l'ouverture des angles, soit en dessinant le cristal, soit en le mesurant directement. Mais le dessin ne serait exact qu'après bien des tâtonnements ; il en coûtera moins de placer, à 30 centimètres de distance, sur la boîte du microscope, un goniomètre dont nous allons donner la description. Soit une moitié de cercle gradué sur une feuille de papier blanc, avec son diamètre tracé par une ligne noire de 0° à 180° ; si par le centre on fait passer un crin ou un fil de fer noirci, et d'une minime épaisseur, qui se prolonge, en se distendant, jusqu'au delà de la

circonférence, et s'attache, par cette extrémité, à un corps pesant d'une forme arbitraire, il suffira de promener çà et là ce corps autour de la circonférence graduée, pour obtenir l'ouverture de tous les angles possibles. Or en fixant de l'œil gauche cet instrument, et de l'œil droit le cristal microscopique, l'image de celui-ci se superposant sur celui-là, on la mesurera comme on mesurerait le cristal lui-même; on n'aura qu'à promener de la main le fil mobile, jusqu'à ce que l'ouverture de l'angle de l'image coïncide avec l'ouverture d'un angle ainsi tracé sur le goniomètre.

722. Ce sont là les appareils et les procédés que réclame l'application du microscope aux mesures goniométriques; voici les précautions que demandent ces sortes d'observations.

723. On ne doit jamais perdre de vue qu'au microscope composé, tout se mesure par transmission de la lumière; que, par conséquent, toute surface du cristal qui n'est pas parallèle à la lame de verre se noircit (576). Sur les cristaux grossis (pl. 8, fig. 6, 7), tout ce qui paraît noir indique des surfaces inclinées sur la lame du porte-objet; la surface éclairée, au contraire, lui est parallèle. On voit, à son tour, celle-ci se colorer en noir en tout ou en partie, lorsque le mouvement du liquide parvient à l'incliner sous différents angles.

724. Mais lorsque l'inclinaison n'est pas très-grande, on voit les surfaces latérales se peindre, pour ainsi dire, sur la surface éclairée, et en diminuer en apparence l'étendue; le cristal (fig. 8) n'est que le cristal (fig. 7) amené à cette position; on le prendrait, sous ce jour, pour un cristal hexaédrique. Dans la mesure des angles, on tomberait dans de considérables écarts, si on négligeait une circonstance qui, en diminuant l'étendue des surfaces, est capable d'offrir à l'œil des angles trompeurs. On remontera à la source de ces apparences, en s'appliquant à reconnaître la structure véritable du cristal; car une fois ce résultat acquis, il sera facile, par des procédés graphiques, de se représenter, sur le papier, tous les effets de la réfraction, et quelquefois même on pourra parvenir à déduire, des effets de la réfraction, la structure du cristal que l'on observe. Le procédé le plus simple, pour se faire une idée juste de la structure générale du cristal, c'est-à-dire du nombre des faces qui le limitent, c'est de le déplacer doucement dans le liquide, sans le faire sortir du champ visuel, et de le faire rouler et tourner, pour ainsi dire, sur lui-même. On y parvient, au moyen d'une simple goutte d'alcool déposée dans le liquide où l'on observe la substance cristallisée; l'alcool, en s'évaporant, imprime au cristal un mouvement favorable à ces sortes d'observations, lorsqu'il existe dans le liquide en quantité minime. Si le cristal était soluble dans le liquide, on saturerait celui-ci de la substance dont on étudie la cristallisation, et dès lors les cristaux y seraient insolubles.

725. L'exemple suivant fera comprendre le parti que l'on peut tirer du jeu des ombres, dans la détermination de la forme générale d'un cristal. Soit, en effet, le cristal d'oxalate de chaux (pl. 17, fig. 8); lorsqu'il est mis en mouvement dans le liquide, il présente successivement, en roulant sous les yeux de l'observateur, une face longitudinale entièrement éclairée, et ensuite deux faces parallèlement longitudinales, l'une éclairée et l'autre obscure, puis trois faces également longitudinales et parallèles, les deux extrêmes obscures et la médiane beaucoup plus étroite et éclairée, et il revient ensuite à son premier aspect, en présentant une seule et unique face éclairée, à peine bordée de deux traits noirs. Or, si l'on se rappelle les lois de la réfraction, il sera évident que de pareilles images ne sauraient émaner, au microscope, que d'un prisme à quatre pans et à base rectangulaire; car un pareil prisme devra apparaître à une seule face éclairée, quand deux de ses faces seront parallèles au porte-objet; il présentera deux lignes noires et une ligne éclairée, lorsque, incliné obliquement sur la lame du porte-objet, les rayons lumineux tomberont obliquement sur ses faces inférieures (392).

726. Soit, au contraire, un prisme à six pans, tournant sur son axe, par l'effet de l'évaporation du liquide, il est évident que, dans toutes les positions qu'il prendra par le repos, il offrira toujours, par réfraction au microscope, trois lignes parallèles et longitudinales, les deux extrêmes noires et la médiane éclairée. En effet, toutes les fois que le cristal arrivera au repos, il s'appliquera contre la lame du porte-objet par l'une de ses faces. Supposons que ce soit par la face (*cd*, fig. 6, pl. 17); il s'ensuivra que la face opposée (*ab*) sera dès lors parallèle, et à la face (*cd*), et à la lame du porte-objet, et que, partant, les rayons émanés du miroir réfracteur, qui tomberont perpendiculairement sur la surface (*cd*), sortiront, sans déviation aucune (393), de la surface (*ab*), et arriveront parallèlement à l'objectif du microscope. Il n'en sera pas de même des rayons lumineux qui arriveront du miroir sur les faces (*ce*) et (*de*) du même

cristal : car, se trouvant tous obliques à la surface, ils se réfracteront dans l'intérieur du cristal ou seront réfléchis en dehors, et ne parviendront point à la lentille objective; dès lors, le cristal offrira trois bandes longitudinales et parallèles, une médiane éclairée et correspondant au quadrilatère (*bacd*), qui est le profil d'un prisme à quatre pans, et deux bandes noires provenant de deux prismes (*aac*) et (*bed*), qui ne laissent point passer la lumière d'une manière profitable à la vision microscopique.

727. En théorie, la bande médiane d'un semblable cristal devrait avoir le double de largeur des deux autres bandes obscures, puisque (*ff*), qui mesure la première, égale le rayon du cercle circonscrit, et que (*ef*) n'égale que la moitié du rayon (*ge*); mais, en pratique, on trouve, en général, quand le cristal est régulier, que la bande médiane est moindre que chacune des bandes obscures, ce qui provient, souvent d'une position un peu oblique, mais essentiellement des effets de la réfraction; car les rayons émanés du miroir, sous forme de cône, ne sauraient arriver, aussi perpendiculairement que nous le supposons, sur la surface inférieure (*ed*) du cristal. Quoi qu'il en soit, et en tenant compte de cet effet de la réfraction, on pourra distinguer de la sorte la structure du prisme cristallin le plus délié, en s'aidant, pour établir son raisonnement, des grossissements un peu forts, s'il en est besoin.

728. Ces deux exemples suffisent pour indiquer à l'observateur la marche qu'il doit suivre, afin de déterminer la structure d'une cristallisation par l'étude du jeu de la lumière au microscope. C'est par ce procédé que l'on reconnaîtra que le sommet (*b*) du cristal (fig. 8, pl. 17) est une pyramide à quatre faces par décroissement sur les angles, et que la base (*a*) est la contre-épreuve de cette pyramide; que c'est la pyramide (*b*) en creux, et le résultat d'un clivage qui a rompu le cristal sur sa longueur.

729. Il se présente fréquemment, dans l'étude des cristaux, une illusion dont nous trouverons la valeur dans la réfraction des lentilles en segments de sphère (424), et qui algalise en fuseau, par les deux extrémités, le cristal le plus régulièrement quadrilatère, tellement que l'on a souvent pris pour des organes, les cristaux qui s'offraient, sous cet aspect, à l'œil des observateurs non encore familiarisés avec les principes de la nouvelle méthode; soit, en effet, le cristal quadrilatère, ou au moins tronqué à angle droit à ses deux extrémités (*cf* fig. 13, pl. 17); s'il arrive que ces deux extrémités débordent les limites du champ visuel de la lentille avec laquelle on l'observe, il s'ensuivra que tous les rayons (*rr*) qui se trouveront dans ce champ seront réfractés d'une manière régulière; il n'en sera pas de même de ceux (*r'*) qui partiront des deux extrémités (*o*) et (*i*); il n'arrivera à l'œil de l'observateur que ceux qui partiront de la ligne médiane du cristal; les angles (*a*) s'effaceront à l'œil comme s'ils étaient corrodés par un acide, et dès lors le cristal apparaîtra avec la forme en fuseau, qui, sur la figure, est inscrite à la forme du cristal. Cela tient à ce que, ainsi que nous l'avons fait observer (424), les lentilles biconvexes, par le seul effet de la courbure de leurs surfaces, tendent à arrondir les images carrées, les usent sur les angles, et cela d'autant plus que l'objet sort davantage des limites du champ visuel, ce qui n'arrive pas à la ligne médiane du cristal, laquelle peut être considérée comme réfractée par le profil de la lentille biconvexe, c'est-à-dire par une courbure de cylindre.

730. Il en sera de même d'un cristal quelconque qui, nageant obliquement dans le liquide, se présentera sous la lentille objective, avec une extrémité en deçà et l'autre au delà du foyer; car, l'œil ne pouvant apercevoir que ce qui est au foyer, et la ligne médiane d'un cristal se trouvant au foyer plus longtemps, si je puis m'exprimer ainsi, que les côtés, il s'ensuivra que le cristal s'effilera vers les deux bouts, et que le prisme le plus régulièrement conformé revêtira la forme d'un fuseau, d'une aiguille, deux mots trop vulgaires, que pour l'amour du grec on aura hâte de remplacer par celui de *raphides*, avec tout autre avertissement; et c'est ce qui a eu lieu à l'égard des cristaux de phosphate de chaux (fig. 14, pl. 17), si communs dans les tissus des végétaux.

731. Nous avons contracté l'habitude de juger du relief des corps par le jeu de la lumière et des ombres, par l'alternative du clair et de l'obscur, tellement que l'art n'a qu'à combiner ces deux éléments de la perspective, pour produire sur nos yeux l'illusion la plus complète, et nous faire voir des forêts immenses, des montagnes lointaines, et les plus nombreux accidents du terrain, sur la surface d'une toile appliquée contre une muraille. Si nous n'avions soin de nous tenir en garde contre ces habitudes de la vue, en observant au microscope, il nous arriverait fréquemment de prendre des creux pour des reliefs, et des reliefs pour des

perforations; car la réfraction répand également le clair et l'obscur sur les surfaces creuses et sur les surfaces en relief; le jour ne fait, dans les deux cas, que changer de direction. Soit, par exemple, le cristal de sel marin (pl. 8, fig. 12, *a*); au microscope et vu de champ, il offrira une pyramide striée que l'on sera porté à croire en relief; et pourtant on sait que le caractère de cristallisation du sel marin est d'avoir, comme une pyramide en creux, par la disposition en gradins que prennent tous les petits cristaux, en s'associant ensemble; mais au microscope même on pourra s'assurer de cette diapnsition, et faire justice, par l'expérience directe, de l'illusion optique, qui montre cette pyramide en creux. On y parviendra par deux moyens : le premier, en amenant successivement au foyer les diverses zones de l'épaisseur du cristal; le second, en établissant d'une manière graphique le côté du cristal que la lumière projetée par le *miroir réfracteur* (454) doit éclairer, selon que ses faces sont en creux ou en relief.

732. En effet, 1° si la pyramide est en relief, il faudra que la pointe en arrive au foyer plus tôt que les faces, et les faces plus tôt que le plan sur lequel la pyramide repose. Si elle est en creux, on verra les bords avant les faces de la pyramide, et les faces avant le sommet. En avançant et reculant alternativement le porte-objet, autant de fois qu'on le jugera convenable, on parviendra à se faire une idée rigoureusement exacte de cette disposition. 2° La lumière projetée sur une pyramide observée de champ au microscope, par le miroir réfracteur, éclairera deux faces opposées, selon que la pyramide sera en creux ou en relief. Dans le premier cas, la face éclairée sera celle qui se trouve du côté du miroir; dans le second cas, ce sera la face opposée, pourvu que le cristal soit appliqué par sa base contre la surface du porte-objet. On s'assurera du fait par comparaison, en éclairant de la sorte une pyramide cristalline visible à l'œil nu. Mais au microscope composé, on ne devra pas perdre de vue le renversement des images (573), phénomène qui changera de position en apparence les faces du cristal, et qui fera voir, à l'opposé du miroir, la face qui, en réalité, se trouve du côté de cette pièce.

733. De même qu'on a pris de vrais cristaux pour des organes (*), de même on pourrait être exposé à prendre de vrais organes pour des cristaux, si l'on se laissait aller, sans trop s'en rendre compte, aux phénomènes de la réfraction à travers des cylindres limpides; on s'exposerait, sans cette précaution, à prendre les poils des céréales, qui se mêlent à la farine, pour les cristaux analogues de silice ou de phosphate de chaux (pl. 17, fig. 2 et 14).

734. Soit, en effet, un de ces poils blancs et soyeux dont se hérisse l'ovaire de l'avoine (*avena sativa*) (pl. 9, fig. 8, *a*); plongé dans l'eau, il s'offre au microscope comme un tube de verre d'une grande transparence; mais observé dans l'air (*ibid. c*), il prend l'aspect d'un prisme hexaédrique plus ou moins arqué; et l'on serait tenté, en le voyant, de le considérer comme une production cristallisée, comme un de ces cristaux de silice (*gg'*) dont je parlerai au sujet des *éponges*. Mais si, à l'aide d'une lame tranchante, on peut le couper par le milieu (*ibid. dd'*), on ne tardera pas à s'apercevoir que les portions voisines de la section (*d'*) deviennent de plus en plus transparentes, et que cette transparence s'étend de proche en proche, jusqu'à envahir toute la capacité de cette moitié de poil, depuis la base (*b'*) jusqu'au sommet (*b*). L'autre moitié présente le même phénomène. Si alors on replonge dans l'eau cette portion de poil (*bb'*), devenue transparente par son séjour dans l'air, on la voit subitement perdre sa transparence et reprendre l'opacité de ses deux faces latérales; mais peu à peu cette opacité semble, pour ainsi dire, sortir sous forme de bulles (*ff'*), qui, en cheminant du sommet à la base, sont ellipsoïdes, et, une fois sorties, offrent la sphéricité et tous les phénomènes de réfrangibilité d'une bulle d'air (*f*); alors le tube a repris dans l'eau toute sa transparence. Si on enlève l'eau qui le recouvre, et qu'on le recouvre une seconde fois de liquide, après l'avoir laissé exposé à l'air, on le rencontrera encore opaque, et ainsi de suite, à l'infini.

735. Il est donc évident que chacun de ces poils est un tube imperforé et creux, dont la capacité renferme une substance soluble dans l'eau, d'un pouvoir réfringent voisin de celui de l'eau, et très-éloigné de celui de l'air. Quand on observe ce poil intègre dans l'air, la substance incluse réfracte fortement les rayons lumineux et rend le tube opaque; cette opacité disparaît, lorsqu'en pratiquant une section transversale, on donne à la substance incluse la facilité de s'écouler et de céder la place à l'air; car la paroi en est trop mince, pour qu'elle puisse influer d'une manière sensible sur le

(1) Voyez, *sur les cristaux de silice et de calcaire*, notre travail : *Mémoires de la Société d'histoire naturelle de Paris*, tome IV, 1828, et *Nouveaux coups de fouet scientifiques*, 1831, p. 27.

jeu de la lumière, qu'elle réfracte à peine sur les bords et au sommet, où, par son épaisseur, elle forme une espèce de prisme; les réactifs nous apprendront plus tard que la substance incluse est une solution de sucre. Mais on peut de là évaluer le parti qu'on peut tirer des procédés microscopiques, qui permettent d'analyser un poil isolément, avec plus de facilité, que la chimie en grand n'eût analysé un fruit d'un certain calibre.

Si le poil ou la cellule à examiner renfermait une substance insoluble dans l'eau, on procéderait dans cette expérience au moyen de tout autre menstrue.

736. Les bulles d'air produites par l'effervescence d'une réaction (643) offrent souvent, en se rapprochant les unes des autres, un phénomène de réfraction, qui communique à cette agrégation de globes réfringents, l'aspect d'une cristallisation à facettes; en sorte que chacun de ces globes, au lieu de n'avoir qu'un seul point éclairé, comme dans le cas où il est isolé (pl. 9, fig. 8, *f'*), se trouve marqué de tout autant de lumières qu'il est de fois en contact avec d'autres globes. Car les rayons réfractés par chaque bulle d'air, qui sont perdus pour la vision, ne sont pas pour cela absorbés et anéantis par la bulle; et tous les points de leur surface, qui nous paraît obscure, nous offriraient un point blanc central, si nous pouvions faire tourner le microscope tout autour de leur circonférence, et amener l'axe du tube dans le prolongement de tous les rayons de la sphère gazeuse. Le point blanc nous semblerait se déplacer avec le tube du microscope, et tourner avec lui; la surface qui nous paraît noire ne laisse donc pas que d'être éclairée. Or, si les rayons lumineux émergents, qui n'arrivent pas au microscope, rencontrent, en sortant, une surface réfléchissante, celle-ci pourra se trouver disposée de manière à les renvoyer dans l'axe de la vision; la surface réfléchissante nous apparaîtra alors éclairée. Mais lorsqu'une bulle est en contact avec six bulles de même diamètre qu'elle, elle doit offrir six points réfléchissants aux rayons réfractés par chacune de ces bulles, et sa structure sphérique fera que ces six points auront l'air de tout autant de facettes d'une pyramide plus ou moins régulière, dont le sommet serait scintillant.

737. L'illusion sera moins fugitive, si, au lieu de bulles d'air observées dans l'eau, ce sont des cellules en relief ou isolées, et parfaitement sphériques, qu'on observe dans l'air; mais on s'en rendra compte de la même manière.

738. Après ces études préliminaires sur la structure générale du cristal et sur le nombre de faces qu'il est susceptible de présenter successivement à l'observation microscopique, on passera à la mesure des angles, au moyen du goniomètre, dont nous avons déjà donné la description (718); et l'on doit procéder à cette nouvelle série d'observations, avec tout autant de précaution qu'à la première; car la moindre déviation peut faire tomber dans des écarts considérables. Pour s'en convaincre, il suffit de penser que l'ouverture de l'angle, que l'on prend sur un cristal de $\frac{1}{10}$ de millimètre, se mesure sur un cercle de trois ou quatre centimètres de diamètre. On ne devra donc arrêter l'observation, et lire le résultat sur le cercle gradué, qu'après que l'on aura acquis la certitude, à force de tâtonnements, que chacun des fils goniométriques coïncide exactement avec un des côtés de l'angle du cristal que l'on mesure, le sommet de l'angle coïncidant à son tour tout aussi exactement avec le point d'entre-croisement des fils. Pour compter les degrés du cercle, il faudra aussi tenir compte de l'épaisseur des traits qui les marquent, et la faire entrer, comme fraction de degré, dans la somme qu'on obtiendra. Afin de mieux s'assurer de la coïncidence et des fils avec les côtés de l'angle, et de l'entre-croisement des fils avec le sommet de celui-ci, on écartera un peu le tube du microscope par un léger effort de la main, afin que l'angle formé par l'entre-croisement des fils cesse de se superposer sur l'angle du cristal; et en dirigeant la pression exercée par la main d'une manière favorable, on amènera l'image du cristal dans une position telle que l'angle mesuré aura ses deux côtés parallèles aux deux fils; si ce parallélisme est parfait, il s'ensuivra que les deux angles, l'angle goniométrique et l'angle du cristal, seront semblables, et que, par conséquent, la mesure est exacte.

739. On fera la même observation à l'égard des ombres des facettes obliques au plan de position; si deux facettes latérales par rapport à la facette éclairée, et également obliques, s'offrent cependant avec une épaisseur inégale, ce sera une preuve que la facette éclairée est dans une position oblique; or, dans ce cas, la mesure de son angle donnerait la valeur de la perspective, et non l'ouverture réelle de l'angle observé.

740. L'étude de la cristallisation au microscope exige qu'on varie, et la nature du menstrue, et la quantité du liquide, et la forme du porte-objet; car la cristallisation affecte des caractères différents, selon que le liquide a plus de profondeur

que de surface, ou s'étend plus en surface qu'en profondeur. Dans le premier cas, les cristaux ont leurs trois dimensions égales, ou ne s'allongent qu'en prismes réguliers; dans l'autre, on voit la cristallisation s'arborisser sous ses yeux, et se ramifier par des courbes ou des lignes droites, avec des angles plus ou moins ouverts, selon la direction que prend le liquide, et selon la durée et la rapidité de l'évaporation.

741. La forme des cristaux varie bien davantage, sous l'influence des mélanges; nous aurons plus d'une occasion d'en donner des exemples spéciaux, en nous occupant surtout de l'analyse microscopique du suc des *chara*; et cette influence n'est rien moins qu'une influence à distance, qu'une action du mélange sur les bords du cristal, qu'une érosion de la déliquescence. Lorsqu'on se sert d'un mélange coloré, il est facile de voir que la défurmation du cristal est l'effet d'une combinaison de la substance avec la menstrue; car la coloration pénètre souvent jusque dans le centre de la cristallisation; les cristaux de tartrate de potasse du vin en sont un exemple.

742. C'est surtout, et peut-être exclusivement dans l'étude des cristaux aciculaires d'une extrême ténuité, que les grossissements exagérés du microscope composé sont susceptibles d'offrir une utilité incontestable; car là où il ne s'agit de déterminer la structure d'un corps que par la réfraction des diverses facettes qui le circonscrivent, il importe peu que l'objet soit plus ou moins éclairé, pourvu qu'il le soit assez pour avoir du jour et de l'ombre. Aussi nous sommes-nous servi, dans le principe, avec avantage, d'un grossissement de 2000 diamètres, pour déterminer la forme des cristaux de phosphate de chaux (pl. 17, fig. 14), qui, aux grossissements inférieurs, ont la ténuité d'un fil de cocon vu à l'œil nu; et le grossissement de 2000, nous l'obtenions, en remplaçant la jeu des lentilles achromatiques, par une lentille non achromatisée de 3 millimètres de diamètre; aussi fallait-il se plonger le visage dans la plus complète obscurité, pour qu'aucun rayon ambiant ne vînt troubler la vision, à l'instant où elle s'exerçait sur une réfraction si avare de clarté.

743. Tout corps isolé, qui se présentera au microscope, avec des facettes, ne devra pas pour cela être considéré comme un cristal. La compression des organes entre eux, peut, en effet, leur imprimer cette forme par la dessiccation de la substance incluse; c'est ce qui arrive aux cellules de dernière formation de la graisse, qui, se figeant après la mort de l'animal, s'isolent par le retrait, et sont susceptibles de se détacher, par la malaxation, en une farine blanche comme la neige. Observées au microscope dans cet état, on serait tenté de les prendre pour des cristallisations régulières du plus joli effet (pl. 10, fig. 33 et 34). Avant donc de se prononcer sur la valeur de ce caractère de l'image microscopique, il sera nécessaire de s'assurer, par l'expérience des réactions, de la nature chimique et de la structure du corps observé. Dans l'exemple qui nous occupe, on fera justice de cette jolie illusion, si l'on soumet ces cristallisations trompeuses à l'action de la chaleur sèche, en concentrant sur elles les rayons solaires (569), ou bien à l'ébullition dans l'eau ou dans l'alcool; dans l'eau, chacune d'elles s'arrondira en globule; dans l'alcool, au contraire, elle se videra, et n'offrira bientôt plus qu'un sac plus ou moins déchiré.

744. Le retrait produit, sur certaines substances solubles qui se dessèchent, des réticulations et des gerçures, qui, au microscope et par réfraction, sont dans le cas de revêtir l'aspect d'interstices cellulaires, ou même d'angles de cristaux rapprochés entre eux. La fig. 15, pl. 7, offre un de ces effets sur la substance soluble de l'albumine ou de la gomme qui s'est desséchée, après avoir été étendue en lame sur le porte-objet. On se rendra compte de cette circonstance, en recouvrant la substance d'une couche de liquide, et en observant la substance à sec, par le jeu de la réflexion (568).

745. Les cristallisations que l'on observe sur la porte-objet, sont toutes formées dans les tissus que l'on dissèque, ou bien elles proviennent de l'action du réactif (46) sur la substance d'essai. Dans ce dernier cas, il faut savoir distinguer la cristallisation du réactif, de celle de la combinaison nouvelle; et pour cela il faut faire cristalliser le réactif sur une lame de verre à part.

CHAPITRE VII.

ÉLIMINATION EN PETIT (162).

746. Les verres de montre sont les capsules évaporatoires qui conviennent le mieux à toute expérience en petit, que l'on se propose de soumettre à l'observation microscopique. On les remplace par les cavités des porte-objets à réac-

tifs (630), lorsque la substance d'essai se trouve en quantité minime. L'évaporation, sur d'aussi faibles quantités, n'a besoin que de la température ordinaire; et en été elle est achevée en une ou deux heures, lorsque l'eau sert de dissolvant; quand c'est, au contraire, l'alcool, l'éther, l'acide acétique, qui remplissent cet office, la durée de cette infiniment petite opération ne dépasse souvent pas deux minutes.

747. Plus ces expériences sont réduites, plus elles réclament de surveillance et de soin, et plus elles doivent être placées à l'abri de la poussière; on s'exposerait autrement à faire entrer toute sorte de corps hétérogènes, dans le nombre des produits de l'évaporation. On aura soin même de bien s'orienter dans le liquide, à mesure que l'évaporation suit sa marche, de compter les fibrilles et les diverses impuretés qui s'y sont glissées, afin d'en faire la part dans l'étude de l'extrait obtenu. A son début dans l'usage du microscope, un savant physicien de l'Académie avait trouvé et fait figurer, avec la plus grande exactitude, au moins vingt organes nouveaux dans le sue de la fécule; et ces vingt organes n'étaient rien autre que des fibrilles du filtre, tantôt isolées et libres, tantôt feutrées et agglomérées. Prenez garde aussi aux défauts du verre, à ses éraillures et aux érosions produites par l'emploi des réactifs alcalins : tous ces défauts donnent une image qui se confond avec celles qu'on a intérêt à observer; car elles se trouvent les unes et les autres à peu près au même foyer.

Si l'on avait besoin d'évaporer à chaud, la lumière solaire, concentrée par une lentille réfringente, amènerait en quelques instants ce résultat.

748. La CARBONISATION et l'INCINÉRATION (179) ne réclament rien moins que de grands appareils, lorsqu'on se propose d'en étudier les résultats au microscope. Placez le tissu entre deux lames de verre minces (574); approchez cet appareil, par les faces, de la lumière blanche de la flamme d'une chandelle; le tissu, soustrait à l'action de l'air par les lames qui l'emprisonnent, ne s'incinérera pas; mais se dépouillant de l'eau de son organisation, il ne conservera des éléments qui entraient dans sa charpente, que le carbone, lequel n'est pas volatil.

749. Pour incinérer un corps, il suffit de l'appliquer sur une lame de verre très-mince, et de l'exposer au feu des charbons incandescents, ou à la flamme de la lampe à alcool. Dans le premier cas, il faut prendre garde que le verre ne se couvre de la cendre des charbons eux-mêmes.

750. Mais avant de procéder à la carbonisation ou à l'incinération, on doit étudier sur la lame de verre les caractères extérieurs, la structure et la disposition du tissu, afin de pouvoir s'orienter, lorsqu'il ne restera plus de tout cela que du charbon et des cendres, et afin de ne commettre aucune méprise dans les réactions auxquelles on doit soumettre la substance désorganisée.

751. La lame de verre doit être présentée peu à peu à la flamme, et doit en être retirée avec les mêmes précautions; on ne la posera sur le porte-objet qu'après son complet refroidissement.

752. Le grillage n'exige pas d'autre appareil; et on y a recours fréquemment dans les analyses microscopiques, pour la détermination de la nature des cristaux. Soit, en effet, un cristal, dont on a reconnu les formes et les principales réactions, sur la lame de verre qui va servir de creuset; si après le grillage il a disparu, sans laisser de résidu sur la lame, on saura qu'il est volatil ou décomposable; si, après le grillage, il fait effervescence dans les acides, ce sera une preuve que son acide était végétal, et qu'il s'est transformé en carbonate par l'action de la chaleur. Le sulfate de chaux, obtenu par la précipitation de l'eau de chaux au moyen de l'acide sulfurique, cristallise subitement en aiguilles, qui ont les plus grands rapports de structure et de dimension avec les cristaux de phosphate de chaux, que nous avons trouvés tout cristallisés dans le tissu des plantes (742), et il serait assez difficile de les distinguer par l'analyse, car les uns et les autres offrent les mêmes conditions de solubilité et d'insolubilité dans l'eau et dans les acides, et sur d'aussi petites quantités, l'acide sulfurique combiné n'offre aucune réaction spéciale qui ne convienne à l'acide phosphorique. C'est par le grillage microscopique qu'on apprendra à distinguer ces deux produits l'un de l'autre; on trouvera, en effet, que, par la chaleur, les petits cristaux de sulfate de chaux seront déliés, coupés en petits étranglements, et comme en chapelet à grains opaques et noirs par réfraction; tandis qu'à la même température, les aiguilles de phosphate de chaux conserveront et leurs formes, et leur aspect cristallin, et leur diaphanéité primitive.

755. En disant que les cristaux de sels à acide végétal se carbonisent au feu, nous n'avons dû comprendre qu'un feu modéré; car si la lame de verre qui sert de creuset au cristal est tenue quelque temps au rouge blanc, le cristal après le refroidissement, se dissoudra dans les acides,

sans effervescence, parce que le carbonate se sera alcalisé, et que l'acide carbonique aura été éliminé par la chaleur rouge blanche, de même que les éléments gazeux qui lui étaient associés et en faisaient un acide *sui generis*, l'avaient été par la chaleur obscure; il est vrai qu'en restant quelque temps exposée à l'air, la base reprendrait son acide carbonique, et que la résidu du grillage ferait alors effervescence dans un acide.

754. Au moyen d'une puissante lentille réfringente, et en concentrant les rayons solaires sur le porte-objet, on arriverait facilement à carbonater les cristaux à acide végétal, et à alcaliser les carbonates, sous les yeux mêmes de l'observateur. L'alcalisation des cristaux calcaires se manifeste par une incandescence éblouissante.

755. On étudie les effets progressifs de la désagrégation artificielle des tissus, par l'action des acides ou des alcalis, en emprisonnant hermétiquement le réactif et le tissu dans la cavité d'un porte-objet à réactifs (488). Pour étudier au contraire les effets de la désagrégation spontanée des tissus dans l'eau, et sous l'influence de l'air atmosphérique, on se sert de l'auge à bord en cuivre et à fond en verre (fig. 16, pl. 5), que l'on tient remplie d'eau, et que l'on recouvre d'une lame de verre, pour que l'évaporation du liquide soit moins rapide. Ces petites auges sont très-commodes pour une foule d'observations, entre autres pour celle de la circulation cellulaire du *chara*, et pour celle de la circulation vasculaire des têtards de la grenouille, et autres animaux transparents.

CHAPITRE VIII.

DISTILLATION EN PETIT (187).

756. L'appareil composé d'une cornue, d'une allonge, et d'un flacon à deux tubulures, que l'on voit disposé sur la table du laboratoire (pl. 3, fig. 1) (332), est un alambic de trop grande dimension encore, dans la plupart des distillations en petit. On peut obtenir le résultat que l'on poursuit, à moins de frais, et avec moins de perte de temps. Il suffit, en effet, d'un tube fermé à la lampe et coudé sur sa longueur (fig. 23, 6), lorsque l'on n'a pas intention de recueillir la substance volatile; ou plutôt d'un tube également fermé que l'on ploie à la lampe en deux ou trois plis (fig. 23, γ), et que l'on tient fixé dans la position convenable, au moyen de la pince (*pn*) du support (fig. 6). Car si l'on place la substance d'essai dans le cul-de-sac (δ), et que l'on soumette cette extrémité fermée au feu dégagé par une simple bougie, l'évaporation aura lieu, et les vapeurs dégagées viendront se condenser dans la première anse (ε) ou dans les anses suivantes, si l'on juge convenable d'en former un plus grand nombre. A la faveur de ce petit appareil, on pourra même fractionner les produits de la distillation, par ordre des degrés de la température auxquels chacun d'eux se condense; et si la marche de l'expérience l'indique à l'observateur, il pourra, sans déranger l'appareil, soumettre à la lampe successivement les liquides condensés dans chacune des anses du tube. Pour étudier ensuite chaque produit isolément à l'aide des réactifs, on coupera le tube entre chaque anse, par un des procédés ci-dessus décrits (372).

757. La difficulté, comme on le voit, n'est pas de faire sortir les produits, sans les mélanger; mais il sera plus difficile de faire parvenir la substance d'essai au fond du cul-de-sac (δ), sans qu'elle s'attache aux parois contre lesquelles elle glisse, ce qui ne manquerait pas de dénaturer chaque produit en particulier. On évitera cet inconvénient, si la substance d'essai est assez solide pour pouvoir former des boulettes, en la pétrissant avec de la poudre de grès ou de verre; saupoudrée en effet de ce sable d'une grande pureté, chaque boulette roulera jusqu'au fond, sans rien laisser de sa substance sur les parois du tube, et ce sable, bien loin de nuire à la distillation, en rendra la marche plus rapide, en divisant la substance d'essai.

758. Si la substance est liquide, et qu'elle soit décomposable par le feu, on décomposera toute la quantité qui se sera attachée aux parois, en chauffant à la lampe le tube jusqu'au rouge, à une distance convenable de l'extrémité fermée (δ) qui sert de cucurbite. Si elle n'est décomposable qu'en partie, on lavera le tube avec le menstrue volatil qui la dissout, et que l'on fera parvenir jusqu'au cul-de-sac (δ), en inclinant le tube; et pour enlever jusqu'aux dernières traces de ce menstrue, après le lavage des parois, on fera passer, successivement par la chaleur rouge, toutes les portions du tube qui sont destinées à servir de récipient, en commençant à promener la flamme par le côté du cul-de-sac (δ).

759. On conçoit que chaque anse de cet appareil

puisse être soumise à l'observation microscopique, et que, par conséquent, on puisse étudier chaque produit, dans ses molécules intimes, à mesure qu'elles viendront se condenser. On en rendrait l'observation plus distincte, en aplatissant au chalumeau la portion du tube qui sert de récipient, de manière à étendre la capacité de ce petit vase, entre deux parois horizontalement parallèles et fort rapprochées entre elles.

760. Nous prévoyons des circonstances, où le vaisseau d'une plante pourra être, au microscope, tout un alambic pour la substance qu'il renferme, en s'échauffant et s'éclairant à la fois par une lampe placée sous le porte-objet de l'instrument. On pourra voir de la sorte, si la substance incluse est fusible et volatile, la fusion se manifestant par une plus grande et plus pure transparence, et la volatilisation par des globes fortement réfringents (576), qui se meuvent loin du foyer de chaleur, du côté le plus élevé du tube dans lequel ils se forment.

CHAPITRE IX.

ANALYSE MICROSCOPIQUE DES GAZ ET DES ÉLÉMENTS ORGANIQUES (207).

761. Je ne pense pas exagérer une prétention, en annonçant que tôt ou tard, et à l'aide d'un appareil de la plus grande simplicité, on arrivera à faire au microscope l'analyse élémentaire d'un corps organique, avec plus d'exactitude et en moins de temps que par les appareils en grand. On pourra de la sorte mesurer les gaz sous de plus petits volumes, et soumettre avec succès, à la combustion, les plus faibles quantités de substance.

762. Soit, en effet, un tube de verre d'une belle longueur, d'un fort petit diamètre, et d'une qualité de verre qui permette de le travailler à la lampe (362). Je suppose qu'après avoir pris les dimensions convenables, on l'ait soufflé, aplati et coudé comme l'indique la fig. 10, pl. 2, et qu'on s'y soit pris de la sorte qu'on ait pu remplir la boule soufflée d'un poids connu de manganèse (*mg*), déposer la substance à analyser dans le renflement aplati (*pt*), qui s'appuiera sur le porte-objet du microscope (*mc*); qu'à partir du premier coude, on remplisse le tube de mercure, sans aucune discontinuité et jusque sous l'éprouvette renversée (*ep*); si ensuite on place une lampe à esprit-de-vin sous la boule du manganèse (*mg*), et une autre sous le renflement aplati du porte-objet (*pt*), l'oxygène dégagé du peroxyde de manganèse fournira à la combustion de la substance, dont on pourra surveiller au microscope les phases diverses de désorganisation. Les produits de la combustion, déplaçant le mercure, iront se loger dans la région supérieure des coudes successifs, et y séjourneront, jusqu'à ce que la chaleur et le dégagement des gaz les en chassent. Si ces coudes sont en assez grand nombre, ils pourront servir de récipient à toute la quantité des gaz provenant de la combustion. On enlèvera la lampe de dessous la boule du manganèse (*mg*), dès que l'observation microscopique indiquera qu'il ne reste plus dans le renflement (*pt*) que les cendres de la substance organique, cendres, dont on étudiera d'abord l'aspect et la disposition générale, pour en étudier après la nature par les réactifs. Si l'on s'aperçoit que les coudes (*cd*) du tube renferment, outre des produits gazeux, des produits oléagineux, ce que l'on reconnaîtra très-bien au moyen du microscope (*mc'*), on replacera la lampe sous la boule du manganèse (*mg*), et l'on brûlera les produits de chaque coude successivement, en les chauffant au rouge avec la lampe (*lm'*), que l'on approchera du tube par le moyen d'un support. Par suite de ces nouvelles combustions, dont on portera le nombre, aussi loin que le microscope indiquera de produits oléagineux, on arrivera à opérer le départ des gaz aussi complétement que le réclame l'analyse, et il pourra se faire que le produit définitif se loge en entier dans l'un des derniers coudes. Ce produit se composera de l'oxygène dégagé du manganèse, et des éléments organiques de la substance combinés avec la plus grande quantité de cet oxygène. On connaîtra le poids du premier par la différence entre le poids du manganèse (*mg*) avant la combustion, et le poids du même après la combustion. Pour obtenir celui-ci, on scellera à la lampe le tube de verre assez près du renflement (*pt*), et l'on pèsera la boule avec son fragment de tube hermétiquement fermé. On promènera alors la lampe (*lm*) de l'extrémité du renflement (*pt*), vers les coudes qui servent de récipients aux gaz, de manière à chasser tous les produits aqueux ou gazeux jusque dans le dernier des coudes, qu'on aura eu soin de graduer avec assez d'exactitude; on pourrait se servir à cet effet d'un tube de petit thermomètre, soudé au tube à combustion et au tube qui plonge sous l'éprouvette. Le produit gazeux occupant un

nombre déterminé de divisions, on enlèvera l'éprouvette, dans le cas où elle ne renfermerait aucune bulle de gaz; si l'on casse maintenant le tube au coude inférieur (*cd'*), on pourra introduire, par un entonnoir à mercure et au moyen d'une petite cuve (313), tous les genres de réactifs destinés à absorber un des produits gazeux, et à en donner ainsi la mesure par la mesure des autres. Avec l'eau potassique on absorbera le gaz acide carbonique; avec des petits fragments de phosphore on absorbera l'oxygène libre; quant à l'eau, il sera facile d'en mesurer le volume, car dans ces petits tubes elle se dispose presque comme un gaz. Enfin, l'on déduira, du volume de tous ces produits, le volume de l'oxygène dégagé par le manganèse, volume que l'on obtiendra, en divisant par la densité du gaz, le poids déterminé par la différence des deux pesées.

763. Cela fait, on passera à l'étude des cendres déposées par la combustion, sur les parois internes du renflement (*pf*); on en brisera les deux extrémités, et l'on divisera les surfaces tapissées de sels, en petits fragments, dont chacun sera essayé par un réactif à part.

764. Il est inutile de faire observer qu'on n'arrivera à fixer définitivement la forme et les dimensions de l'appareil, qu'après une série de ces tâtonnements raisonnés, qui redressent les écarts de la théorie, et mettent à chaque pas l'expérience sur la voie.

765. On rencontre fréquemment, dans un tissu vivant, des organes remplis de gaz, dont il importerait beaucoup à la physiologie de pouvoir faire l'analyse exacte, dans le sein de l'organe même et sans déplacement. Ce résultat n'est rien moins que difficile à obtenir au microscope, surtout lorsque c'est le tissu végétal qui sert de sujet d'étude. Car le gaz se trouve alors assez souvent dans la capacité d'un tube cylindrique, qui devient ainsi un eudiomètre, où l'on peut fractionner les indications de l'analyse, tout aussi bien que dans les eudiomètres en grand. Soit, en effet, un tube vasculaire ou interstitial, rempli d'un mélange d'oxygène et d'azote; il suffira de déposer, à son orifice et sur sa surface, des fragments de phosphore, pour absorber l'oxygène, même à travers les parois du tube. Par le procédé de la double vue (510), on déterminera les rapports de volume de la portion absorbée et de la portion de gaz restante. Si celle-ci résiste à l'action de l'eau de potasse étendue, et si, avant la première expérience, l'étincelle électrique n'a point diminué le volume du mélange, il sera reconnu que la portion de gaz qui reste est de l'azote (*).

766. Que si l'eau de potasse, assez étendue pour ne pas altérer et affaisser les tissus, diminue le volume du gaz emprisonné dans une cellule ou dans un tube, la portion absorbée sera de l'acide carbonique, dont le rapport avec le volume du gaz qui résiste sera donné par le procédé de la double vue.

767. Pour faire passer l'étincelle électrique à travers le mélange gazeux, il suffira d'amener, à une distance d'un centimètre, sur le porte-objet en verre, les deux boules métalliques (α) de l'eudiomètre (pl. 2, fig. 2) (234), de manière que l'organe plein de gaz se trouve exactement sur le passage de l'étincelle. Qu'une fois cette disposition achevée, on veuille reconnaître si un gaz est ou non de l'hydrogène, il sera nécessaire de mettre en contact, avec ce volume de gaz préalablement déterminé, une quantité quelconque de gaz oxygène. On y parviendra, en recouvrant d'une lame de verre l'organe plongé sous une nappe d'eau, et glissant sous la lame, qui dès ce moment servira d'eudiomètre, l'extrémité effilée d'un tube de verre adapté au réservoir d'où doit se dégager l'oxygène; ce gaz viendra se loger, sous la lame de verre, en contact avec l'extrémité ouverte du tube organique et vasculaire qui renferme l'hydrogène. C'est alors que l'on fait passer l'étincelle électrique à travers le mélange. L'habitude apprendra plus d'une ressource, pour que l'expérience soit décisive et ne laisse aucun doute dans l'esprit de l'observateur.

768. Je ne pense pas qu'il soit nécessaire de rappeler à l'observateur que la dissection du tissu doit se faire, dans ce cas, sous l'eau ou toute autre espèce de liquide, afin de n'être pas exposé à prendre, pour un produit gazeux de la végétation, l'air extérieur qui ne manquerait pas de se glisser dans la capacité des interstices ou des tubes vasculaires des plantes.

769. On a déjà vu (734) comment on pouvait reconnaître qu'un organe est creux et rempli d'un liquide soluble, en y faisant entrer l'air à la place du liquide. Ce procédé est dans le cas de rendre plus d'un service à l'observation dirigée par la nouvelle méthode.

770. Les procédés que nous venons de décrire ont trop de points de contact avec le *jau-*

(*) Voy. *Nouv. syst. de physiolog. végét. et de botanique*, § 1320.

geage (734) et le *pesage* (293) microscopiques, pour que nous ne traitions pas, dans ce chapitre, de ces deux opérations, qui, dans la seconde section, appartiennent au chapitre de la synthèse (271).

771. Il est facile au microscopr de mesurer des surfaers, et de détrrminer les rapports de deux dimensions, de la iongueur et de la largeur. Il n'en est pas de même de la profondeur ; car jusqu'à ee jour on n'avait pas senti la nécrssité d'avoir à sa disposition un procédé microscopique propre à mesurer les volumes. Mais il ne manque à la monture du microscope, pour fournir ce résuitat, qu'unr graduation que l'on peut exécuter soi-même et sans beaucoup de frais. En effet, le bouton (*b*) fait monter ou descendre la platine horizontaie (*pl*, fig. 1, pi. 5), en vertu d'un pignon dnté qui tourne, en s'engrenant, dans une erémaiilière ; or, que l'on gradue, sur la monture de la tige, ou sur un carton attaché à ses parois, un arc de cercle coneentrique au bouton ; et que l'on traee ensuite sur la tige (*fg*) et au-dessus de la gaine à erémaillère (*cr*), une règle divisée en millimètres. En notant sur la circonférence du bouton (*b*), le point qui correspond au zéro de l'arc gradué, et en marquant zéro au trait de la règle graduée que recouvre le bord supérieur de la gaine à erémaillère (*cr*) ; il sera facile, en tournant le bouton (*b*), de déterminer de combien il faut tourner celui-ei, pour faire avancer d'un millimètre la platine (*pl*) du porte-objet du mieroscope, et par conséquent de savoir de combien de fractions de millimètre chaque degré du bouton fait avancer la platine. Cela étant reconnu avee préeision, soit un objet mieroscopique placé sur ie porte-objet, et dont on veut mesurer la profondeur, pour arriver à en déterminer le volume, on en amène la surface supérieure au foyer (561), on note alors, sur la circonférence du bouton, à l'encre rouge ou à l'enere de Chine, ce point de la circonférence, qui correspond au zéro de l'arc de cercle gradué ; et l'on fait ensuite avancer la platine, jusqu'à ce que la surfaee inférieure de l'objet observé soit à son tour arrivée au foyer du microscope. En lisant alors sur l'arc gradué la marche de la circonférenee du bouton (*b*), on saura de combien de fraetions de miliimètre la platine a avancé, pour amener la surface inférieure de l'objet mieroscopique à la hauteur où se trouvait, au commencement de l'opération, la surface supérieure, et par eonséquent on connaîtra, en fraetions de milimètre, la dimension en profondeur de l'objet, dimension qui, combinée avec celles de surface, d'après les règles du jaugeage, donnera le volume de la capacité nu du solide observé.

772. Au moyen du même appareil, on arrivera à eonstater non pas le poids des corps observés, mais les rapports de leurs pesanteurs spécifiques, et on aura une balance, pour ainsi dire hydrostatique, dans la simpie eavité du *porte-objet à réactifs* (486). Que l'on soit parvenu en effet à mrsurer la plus grande profondeur de l'une de ees cavités eireulaires, après avoir marqué d'un point le eentre du segment au moyen du compas. Si l'on remplit cette cavité d'un liquide donné, et qu'on y projette un corps solide moins pesant que le liquide, celui-ci s'arrêtera ou à la surfaee, ou à une certaine profondeur, mais sans aller jusqu'au fond. On connaîtra à quelle profondeur il s'arrête au moyen du procédé ei-dessus, et l'on pourra de la sorte établir, par l'expérirnce, d'après une nouvelle méthode, les rapports de densité, entre ies divers corps de la natura, qui ne sont suseeptibies d'être observés que sous des volumes infinimant petits.

773. A l'opacité seule d'un eorps projeté sur un liquide, on reconnaît assez souvent (577) que ce corps est resté à la surface et ne s'est pas même mouillé, et que dés lors, au lieu d'être observé dans le liquide, il est en réalité observé dans l'air.

774. La différenee de densité de deux substances peut être indiquée par la manière dont l'une et l'autre réfractentles rayons lumineux ; mais un tel procédé ne saurait donner qu'une indication relative, et non une mesure de précision. Les modifications apportées au pouvoir réfringent d'une substanee, par l'imbibition du liquide ambiant, ne laissent pas que d'offrir des ressources précieuses à l'observation anatomique des tissus. Supposons, par exemple, un organe sphérique et transparent d'une pâte en apparence bomogène ; si, après un séjour plus ou moins prolongé dans un liquide, l'aspect de l'organe change, qu'une portion acquière une plus grande transparence que l'autra, que l'une s'éclaircisse, quand l'autre s'assombrit ; ce sera la preuve la moins contestable de l'existenee de deux substances au moins, dont l'une absorbe le liquide et possède un pouvoir réfringent plus ou moins voisin de celui-ci, et dont l'autre n'a aucune affinité pour ce menstrue, ou s'en imbibe, sans s'y étendre et sans s'y altérer. En variant les menstrues, en combinant les faits avec les inductions, les images réfractées avec les prin-

cipes de la réfraction, les données de l'expérience en petit avec celles de l'expérience en grand, on parviendra avec une facilité qu'on aurait de la peine à concevoir d'avance, on parviendra, dis-je, à distinguer les tissus et les substances solubles, les substances solubles dans tel ou tel menstrue, ou bien celles qui, sans être solubles, s'assimilent le liquide, et s'étendent en se l'assimilant.

CHAPITRE X.

SYNTHESE DE L'OBSERVATION DES INFINIMENT PETITS (319).

775. Le premier et presque l'unique principe de la synthèse appliquée à l'étude des infiniment petits, c'est qu'elle ne diffère en rien de la synthèse qui nous dirige dans l'étude des infiniment grands; et cette proposition, qui porte le cachet d'une évidence ordinaire, a pourtant été, il y aura bientôt dix ans, le signal de toute une révolution scientifique.

776. Raisonnez donc des objets que vous ne distinguez qu'à l'aide d'une lentille réfringente, comme vous raisonnez des objets que vous pouvez distinguer à l'œil nu. Mais observez que les premiers vous apparaissent, pour ainsi dire, à distance; qu'on les voit, sans les entendre, sans les toucher, et sans les manier; il faut donc apporter dans leur étude, la réserve, la persévérance, et la maturité, qui servent de guide à l'homme de sens et de raison, lorsqu'il se propose de reconnaître la nature et les rapports des objets placés à de grandes distances. Car ici il faut attendre du hasard la circonstance qu'on obtient ailleurs de la manipulation ou d'une série de recherches; et le hasard ne revient pas deux fois avec les mêmes caractères; c'est à la patience de l'esprit, qui est le génie des sciences, à féconder ce germe à peine ébauché, que l'occasion fugitive a jeté comme une étincelle aux yeux de l'observateur.

777. Méfiez-vous de la première vue; c'est l'œil de la magie, mais le fléau de la science; elle enfante des merveilles, jamais une vérité; elle éblouit le spectateur, mais l'observateur ne tarde pas à en faire justice. Notez et dessinez tout ce que vous verrez pour la première fois; ne commencez à interpréter qu'à la dixième; ne décidez que du moment où l'observation qui suit, ne vous indiquera plus rien à retrancher de l'observation qui précède. Vous dire ensuite d'avance l'instant où la vérité se révélera, vous compter le nombre de faux pas que vous ferez, avant d'arriver au terme de la carrière, vous décrire les signes auxquels vous reconnaîtrez le but où tend à vous conduire une observation de détail, ce serait vouloir vous apprendre ce qui est en vous, vous décrire vos propres impressions, et vous révéler votre conscience. L'évidence est un point mathématique, qui se trouve à la rencontre d'un nombre indéterminé de lignes tracées par l'observation. Si vous ne pouvez nous donner l'inclinaison de ces diverses lignes, comment vous rendrions-nous en réponse la distance du point où elles vont converger?

778. Mais après avoir fait ces quelques pas dans l'étude des molécules, n'allons pas nous arrêter tout à coup; comme, avant la découverte des verres grossissants, on s'était arrêté aux limites de la vision distincte. Restons en garde contre cette idée, que tout ce que le microscope ne nous montre pas grand est petit, que tout ce qu'il ne nous montre pas compliqué est d'une simplicité extrême; et qu'il n'y a pas autre chose enfin, dans un être, que ce que nous y font voir les plus forts grossissements. Cette manière de raisonner, qui placerait les limites de l'organisation et de l'existence aux limites du grossissement, ne ferait que reculer d'un cran l'erreur de nos ancêtres, qui ne supposaient plus rien au delà des limites de la vision; il faudrait recommencer et avancer le jalon à chaque perfectionnement apporté au grossissement des lentilles. N'établissons pas que la monade, ce globule animé, qui, à nos plus forts grossissements, apparaît à peine avec le diamètre d'un millimètre, est dépourvue des organes que nous distinguons sur les infusoires, qui, au même grossissement, apparaissent occupant une surface de plusieurs centimètres; mais supposons plutôt qu'un petit être qui court, fuit, avance et recule comme un grand, doit obéir aux mêmes leviers que l'autre. A une lentille d'un pouce, le grand nous paraît aussi simple dans sa structure, que nous paraît le petit à un plus fort grossissement; raisonnons de celui-ci, comme du grand que nous observons à une faible lentille, et demandons à l'analogie ce que nous refusent nos moyens actuels d'observation.

779. L'ANALOGIE EST INFAILLIBLE, TOUTES LES FOIS QU'ELLE NE FAIT QUE CONTINUER LA LIGNE DROITE, QU'A TRACÉE L'OBSERVATION DES FAITS. C'EST UNE PROGRESSION PAR QUOTIENT OU PAR DIFFÉRENCE, QUI AROUTIT A L'ÉVIDENCE, QUAND L'OBSERVATION EXACTE EN A DONNÉ LA RAISON ET EN A POSÉ LES PREMIERS TERMES. Ce principe fondamental sera, plus d'une fois pour nous, fécond en conséquences *inattendues*.

DEUXIÈME PARTIE.

SYSTÈME OU CHIMIE DESCRIPTIVE.

780. Nous avons décrit, dans la première partie, la méthode qui doit présider aux opérations; nous avons à exposer, dans cette deuxième partie, la méthode qui doit conduire à l'interprétation des phénomènes. Dans l'une, nous avons appris à manipuler sagement; dans l'autre, il nous faut apprendre à raisonner et à déduire, c'est-à-dire à chercher l'analogie qui lie entre eux les faits observés, afin de les ranger selon l'ordre de leurs rapports, et de pouvoir les retrouver au besoin, dans l'intérêt des études subséquentes. Ce n'est point là encore la théorie qui s'élève haut, et tente de remonter jusqu'à la cause; ce n'est encore que le système, qui marche terre à terre, et s'arrête au classement des faits observés.

L'exposition de tout système se divise en deux parties très-distinctes. Dans l'une, on en développe les bases; dans l'autre on en fait l'application; dans l'une, on s'attache à grouper les généralités; dans l'autre, on énumère les détails; l'une est le SYSTÈME proprement dit, et l'autre en est la CLASSIFICATION. Nous adopterons cette division dans cette seconde partie.

781. Le système diffère de la classification, comme l'histoire diffère de la chronologie, comme la synthèse diffère de l'analyse, comme le résumé diffère du catalogue, comme l'exposition diffère de la table par ordre des matières. La classification procède par dichotomies, par divisions et subdivisions divergentes; elle dissèque; le système coordonne, c'est un cercle continu; on peut le prendre par tous les points de la circonférence, on est sûr de revenir au point de départ. La classification enfin, c'est l'inventaire des acquisitions de la science; le système est l'expression de la théorie. Aussi le système est faux ou vrai, la classification est bonne ou mauvaise.

782. La nomenclature est le vocabulaire de l'une et de l'autre.

PREMIÈRE SECTION.

SYSTÈME DE CHIMIE ORGANIQUE.

783. Le caractère par lequel le système se révèle, est tout entier dans la simplicité de son énoncé ; il n'est rien moins que découvert, dès qu'il se complique ; car le système est la raison d'une progression dont les faits constituent les termes. La raison d'une progression est une, quoiqu'elle serve et qu'elle explique à l'infini. Non pas qu'un système vrai soit par cela seul invariable ; il changera au contraire, une fois que de nouveaux faits viendront s'intercaler entre chacun de ceux qui formaient la première série ; nous aurons alors une nouvelle raison, un nouveau rapport, un nouveau système, tout aussi vrai qu'était le premier, dans la première hypothèse. Le système le meilleur n'est pas celui qui ne change jamais ; c'est celui qui exprime un rapport vrai, et qui prépare un autre système, en traçant la route qui conduit au plus grand nombre de faits nouveaux.

784. Ce n'est pas d'aujoord'hui que l'esprit de l'homme s'est appliqué à rechercher les lois, en vertu desquelles les corps de la nature s'associent ou se séparent, se combinent ou se décomposent ; car ce n'est pas d'aujourd'hui que l'esprit de l'homme est empreint d'une irrésistible tendance à se rendre compte des phénomènes qui frappent ses regards, et à deviner la cause, à l'instant où apparaît l'effet. Tubalcain dut se faire une théorie, en voyant les métaux couler liquides, diaphanes et brûlants, sous l'influence de la flamme, et reprendre leur première consistance et leur première opacité en refroidissant. Avant lui, on avait dû s'expliquer, d'une manière satisfaisante, la combustion des corps organisés ; et l'idée du néant date peut-être de l'époque, où l'étincelle que le choc avait fait jaillir du caillou, s'attachant à la paille desséchée, s'élançait bientôt dans les airs, comme un monstre de flamme, dévorant les arbres et les animaux, et ne laissant après elle d'autre trace visible de tout ce qu'on avait vu auparavant, qu'un peu de terre plus blanche que l'autre, et qui finissait par noircir à son tour. Ainsi, sous la puissance de la flamme, les corps organisés s'étaient partagés en air et en terre, mais auparavant ils renfermaient visiblement de l'eau ; le feu, l'air, la terre et l'eau furent dès lors les quatre matières premières, avec lesquelles les mains de la nature avait pétri tous les êtres qu'il est donné à l'homme de contempler ; ils formaient les quatre éléments, dont tous les êtres de la création étaient des combinaisons en proportions variables.

785. L'alchimie qui recueillit les substances aériformes, qui les emprisonna comme des corps visibles, qui leur reconnut la puissance de déplacer l'eau et les liquides, se fit nécessairement une idée mieux arrêtée de l'air et de tout ce qui lui ressemble. L'air n'en fut pas moins une substance, tout invisible qu'il était, puisqu'il était capable de lutter avec les substances visibles ; on désigna toutes les substances de ce genre sous le nom de *gaz* (esprits follets), dénomination métaphorique que nous aurions tort de regarder comme superstitieuse ; car si l'on voulait déduire la preuve de la superstition d'un auteur, de la nomenclature qu'il adopte, il n'est pas une expression de nos diverses nomenclatures scientifiques, qui ne nous constituât en flagrant délit de superstition et de magie naturelle. N'avons-nous pas maintenu les noms de gaz et d'esprits alcooliques et éthérés ? n'avons-nous pas déposé la foudre (*fulminates*) dans une capsule de trois millimètres ? n'avons-nous pas conservé au phosphore, l'épithète de *lucifer* et d'*hesperus* ? Les alchimistes, animés d'une foi si vive et si désintéressée dans la toute-puissance de la science, n'étaient certes pas des superstitieux croyants ; eux, si savants et si positifs dans les faits observés, n'étaient rien moins que crédules dans les généralités. Riches de savoir, mais pauvres de cet or, sans lequel le travailleur perd l'espoir de reculer les bornes de la science, ils ne tardèrent pas à s'apercevoir que, pour en obtenir, il valait mieux flatter la stupide avarice que de stimuler la générosité ; ils deman-

dèrent de l'or, en promettant de faire de l'or. Les grands et leurs peuples tombèrent dans le piége ; ils donnèrent de l'or à la science, qui leur rendit des gaz, en leur promettant mieux, et en leur laissant en nantissement la formule inintelligible du *grand arcane* ; bien convaincue que, si jamais elle parvenait à leur composer de l'or avec des terres, elle ne leur aurait pas fait un cadeau moins vain que ses gaz ; car l'or cesserait d'avoir le prix de l'or, s'il devenait aussi commun que la pierre. Ce n'est pas non plus d'aujourd'hui qu'à l'instant, où la grand semble se jouer de l'homme qui pense, et le faire servir à ses ébats, en lui jetant une obole ou lui cinglant un coup de fouet, il est, dans le coin de ce bas monde, un Prométhée qui rit de tant de riches extravagances, et semble se prêter aux caprices de la puissance, afin de transformer son or en vérités. Aux yeux de ceux qui s'amusent, ces Prométhées ont été de tout temps de grands fous, qu'ils s'appellent chimistes ou alchimistes.

786. Il est fâcheux pour la science que, dans la crainte de montrer à nu toute leur sagesse, les alchimistes aient peu écrit, ou n'aient écrit qu'en langage hiéroglyphique ; il est fâcheux qu'ils ne nous aient transmis que par tradition les faits nombreux dont ils ont enrichi la métallurgie ; tout indique, en effet, que dans leurs écrits on aurait trouvé plus d'un germe d'une bonne théorie. Mais les illustres sots, dont ils exploitaient les travers au profit de la science, auraient deviné dès cet instant que le *grand arcane* de l'alchimie n'était pas le secret de faire de l'or ; et peut-être alors l'auto-da-fé serait devenu le dernier creuset de l'alchimiste.

787. Ce que nous disons est d'autant plus vraisemblable, que, dès que l'alchimie eut le droit d'écrire sans se compromettre, elle se montra travaillée du noble désir d'expliquer et d'interpréter. Dès que l'invention de l'imprimerie eut donné au sage la publicité pour avocat, on vit le système déchirer le voile de l'allégorie, se débarrasser du masque obligé de la magie naturelle, et se produire à nu, comme une pensée qui n'a d'autre cortége que les faits observés.

Il serait aussi instructif qu'intéressant d'avoir une bonne histoire des progrès systématiques de la chimie, ou plutôt des sciences d'observation, à dater de la découverte de l'imprimerie. Notre tâche n'est pas ici de remonter si haut ; nous ne nous arrêterons qu'aux théories culminantes, à celles qui offrent le caractère d'une grande généralité.

§ I. *Histoire de la théorie atomistique.*

788. Sous ce dernier rapport, l'histoire de la théorie commence certainement à Stahl, qui, admettant le phénomène de l'ignition, comme une substance, à laquelle il donna le nom de phlogistique (*phlogisticon*), expliquait ainsi avec un rare bonheur, non-seulement la combustion, mais encore les diverses combinaisons chimiques. Il y avait en effet, à ses yeux, combustion et combinaison, par le dégagement du phlogistique, qui produisait le feu ou la chaleur.

789. Mais Bayen fit plus tard observer qu'il était impossible d'expliquer, de cette manière, la réduction du mercure opérée sans l'addition d'aucune substance combustible. Lavoisier démontra que la destruction de la combustibilité, au lieu d'être accompagnée de la perte de quelque substance, était due au contraire à la combinaison du corps combustible avec un corps gazeux, auquel il donna le nom d'oxygène. Et cette découverte seule fournit la théorie générale de la chimie inorganique, théorie qui a été à peine modifiée jusqu'à nous, et que Guyton de Morveau n'eut qu'à traduire en terminaisons, pour en obtenir la plus heureuse nomenclature. Tous les corps de la nature devinrent dès lors des combinaisons de corps indécomposables par nos procédés actuels, que l'on désigna sous le nom de corps simples ou élèments, et dont le nombre s'est successivement élevé à 57, les uns gazeux, les autres liquides, et les autres solides. L'air devint un mélange de 21 d'oxygène et de 79 d'azote ; l'eau, une combinaison de deux volumes d'hydrogène et d'un volume d'oxygène. La terre ne conserva son unité qu'en géologie. Le feu sortit du domaine des corps pondérables, pour passer dans celui de la physique. L'oxygène, en se combinant avec un métal, forma un oxyde de ce métal ; en se combinant avec une substance métalloïde, en une proportion telle, que la combinaison rougit la teinture de tournesol, il forma un acide désigné par le nom de la substance, terminé par les syllabes *ique* ou *eux*, selon les proportions d'oxygène : *acide sulfurique*, *acide sulfureux*, c'est-à-dire acide composé de soufre et d'oxygène en diverses proportions. Les radicaux des acides, en se combinant entre eux ou avec les radicaux des oxydes, se désignèrent par la terminaison *ure* ajoutée au radical de l'acide : *carbure de soufre*, *sulfure de carbone*, ou combinaison de carbone et de soufre ; *carbure de fer* (acier), ou combinaison de carbone et de fer. La combinaison des acides et des oxdyes prit la terminaison *ate*, ajou-

d'hypothèses, pour appliquer la première à tous les résultats numériques connus.

793. Si l'on admet que chaque corps solide puisse être amené à l'état gazeux, il devra se comporter, sous cette forme, en se combinant avec d'autres substances, comme se comportent les gaz permanents, c'est-à-dire qu'il se combinera à volume égal ou multiple. Mais les combinaisons chimiques s'opérant par suite d'une loi invariable, il s'ensuit que ce que l'on a observé directement sur les gaz, doit se réaliser à l'égard des corps solides, que nous ne saurions amener à l'état gazeux. Or quand il s'agissait d'établir les rapports des atomes des gaz, le nombre de volumes donnait le nombre des atomes, et le poids du volume donnait la densité de celui ci. A l'égard des corps que nous ne saurions observer à l'état gazeux, nous n'aurons, pour déduire le poids de l'atome, que les rapports du poids des éléments combinés entre eux; on l'établira alors par induction et par analogie. Soit, par exemple, le poids de l'atome de fer à déterminer; on comparera d'abord entre eux les divers oxydes de ce métal; on trouvera qu'une même quantité de fer peut se combiner avec trois quantités différentes d'oxygène, et que ces quantités d'oxygène sont entre elles comme 6, 8, 9; ce qui donne : fer 6 + oxygène 6; — fer 6 + oxygène 8; — fer 6 + oxygène 9. Par analogie, on a admis que si le fer pouvait être observé à l'état de gaz, et qu'on pût le combiner volume à volume, on trouverait, comme on l'a observé à l'égard des gaz permanents, qu'un volume de fer est susceptible de se combiner avec un volume d'oxygène; car $Fe^6 : O^6 :: Fe : O$. L'isomorphisme (156) du protoxyde de fer avec la chaux amène à conclure que la composition du protoxyde de fer est analogue à celle de la chaux; or, pour cette dernière, on a admis qu'un atome de *calcium* est combiné avec un atome d'oxygène, ce qui donne la formule Ca + O; donc il doit en être de même pour le protoxyde de fer, dont la formule sera dès lors F + O. Si l'on avait pu directement peser les quantités de fer et d'oxygène combinés ensemble, pour former ce protoxyde, on aurait eu dès ce moment le poids de l'atome de fer, celui de l'oxygène étant pris pour unité. Mais l'expérience n'a pu être faite que sur l'oxyde de fer $Fe^6 O^9$, que l'on désigne sous le nom de sesquioxyde de fer. Berzélius a trouvé que 100 parties du meilleur fer suédois donnaient, après l'oxydation, 143,5 de sesquioxyde de fer, d'où il faut défalquer 0,005 de carbone, que contient cette espèce de fer, ce qui donne 99,5 de fer, et 44 d'oxygène. Or, le fer entrant dans cette substance pour deux atomes, et l'oxygène pour 3 ($Fe^6 O^9 = Fe^2 O^3$), il sera facile d'en tirer le poids atomique du fer, par une règle de trois. Les 44 d'oxygène équivalant à trois atomes de ce gaz, et l'atome de l'oxygène étant représenté par 100; dans une combinaison de sesquioxyde, qui renfermerait 300 d'oxygène, le fer y entrerait pour 678,40, équivalant à deux atomes; d'où $44 : 300 :: \frac{99,5}{2} : x = 339,205$; l'atome de fer sera donc représenté par ce dernier chiffre, celui de l'oxygène étant représenté par 100.

794. On le voit, ce qu'il y a de positif dans ce résultat, c'est le rapport des poids donné par l'expérience directe : tout le reste est fondé sur l'analogie et la supposition. Cependant, en admettant l'hypothèse, les chiffres adoptés pour désigner le poids de l'atome n'offrent rien d'arbitraire, et les tables qu'on en forme ont le même genre d'utilité que les tables de densité; car le chiffre de l'atome n'est autre, en définitive, que le chiffre qui exprime le rapport du poids d'un corps à son volume (303).

795. Berzélius, ayant dirigé trente ans de ses travaux vers ce but, la théorie est parvenue à fixer ses principales bases, et à donner la formule de toutes les combinaisons inorganiques; et quoique les chimistes soient loin de la considérer comme l'expression réelle des faits, cependant on ne laisse pas que d'en adopter la nomenclature, et de s'en servir dans la pratique, comme d'une table de proportions. Il nous paraît indispensable de transcrire ici cette table, par ordre alphabétique, avant de passer aux applications, qu'on a tenté de faire de la théorie, à l'étude des corps organisés.

796. La première colonne renferme les noms de chacun des 57 corps simples et indécomposables au feu ou à la pile, et le signe abréviatif de chacun d'eux, que l'on emploie dans les formules des combinaisons binaires ou quaternaires, etc. La troisième et la quatrième colonne donnent ces diverses formules et leur traduction. Par exemple le *protoxyde d'azote* est représenté par $Az^2 O$, c'est-à-dire une combinaison d'un atome d'oxygène = 100, et deux atomes d'azote = 177,02, en sorte que, par rapport à toutes les combinaisons indiquées dans cette table, le poids de la molécule du protoxyde d'azote est de 277,02. Le bioxyde sera représenté par une proportion double d'oxygène = $Az^2 O^2$, c'est-à-dire par

deux atomes d'oxygène = 200, et deux atomes d'azote = 177,02; total 377,02.

L'acide azotique ou nitrique y est représenté par la formule $Az^2 O^5$, c'est-à-dire par une combinaison de cinq atomes d'oxygène = 500, et deux atomes d'azote = 177,02; total 677,02. Les nitrates sont représentés par la formule $Az^2 O^5 + \rho O$, c'est-à-dire par la combinaison de 677,02 d'acide nitrique, avec une quantité d'oxyde, dont la base ρ est combinée avec 100 d'oxygène. D'après cette règle, on trouvera, par l'usage de cette table, que 677,02 d'acide nitrique se combinent avec 1451,61 d'oxyde d'argent = *nitrate d'argent*; — avec 956,95 d'oxyde de baryte = *nitrate de baryte*; — avec 891,58 d'oxyde de cuivre = *nitrate de cuivre*; — avec 459,21 d'oxyde de fer = *nitrate de fer*; — avec 114,11 d'alumine = *nitrate d'alumine*, etc. D'où l'on doit voir que, sans admettre la théorie comme l'expression des faits, on peut se servir de ces tables, pour établir les proportions relatives des éléments d'une combinaison quelconque.

DÉNOMINATION française et signes des corps simples.	POIDS théorique de leur atome.	DÉNOMINATIONS et formules des leurs combinaisons binaires.	DÉNOMINATIONS et formules de leurs sels.
		A. MÉTALLOÏDES.	
Oxygène (O).	100		
Azote (Az).	88,51	Az²O protoxyde d'Azote. . . .	
		Az²O² bioxyde d'Azote.	
		Az²O³ acide azoteux.	Azotites ou nitrites. Az²O³ + ρO (*).
		Az²O⁴ acide hypoazotique. . . .	
		Az²O⁵ acide azotique.	Azotat. ou nitrat. Az²O⁵ + ρO.
		Az²C⁴ cyanogène.	
		Az²H⁶ ammoniaque.	
Bore (B).	68,10	B²O³ acide borique.	Bôrates. 2(B²O³) + ρO.
		B²O³ + 3 (H²O) acide borique cristallisé.	
		BCl³ chlorure de bore.	
		BF³ acide fluoborique.	
Brôme (Br).	489,15	Br²O⁵ acide brômique.	Brômates. Br²O⁵ + ρO.
		Br H acide hydrobrômique. . .	
Carbone (C). . . .	38,22	C²O oxyde de carbone.	Carbonates. C²O² + ρO.
		CO acide carbonique.	Sesquicarbonat. C³O³ + ρO.
		CCl protochlorure.	Bicarbonates. C⁴O⁴ + ρO.
		C²Cl³ sesquichlorure.	
Chlore (Cl ou Cl). . .	221,32	Cl²O acide chloreux.	Chlorites. Cl²O + ρO.
		Cl O acide hypochlorique. . . .	
		Cl²O³ acide chlorique.	Chlorates. Cl²O³ + ρO.
		Cl²O⁷ acide hyperchlorique. . .	
		Cl H acide hydrochlorique. . .	
Fluor (F).	116,90	H F acide hydrofluorique. . . .	
Hydrogène (H).	6,24	H²O Eau.	Hydrates. H²O + ρO.
		H O bioxyde d'hydrogène, eau oxygénée.	
Iode (I).	789,75	I²O⁵ acide iodique.	Iodates. I²O⁵ + ρO.
		I H acide hydriodique.	
		AzI³ iodure d'azote.	
Phosphore (P). . . .	196,15	P²O oxyde de phosphore. . . .	Hypophosphites. 2(P²O + ρO) + 3(H²O).
		P²O³ acide phosphoreux. . . .	Phosphites. P²O³ + 2(ρO).
		P²O⁵ acide phosphorique. . . .	Phosphates. P²O⁵ + 2(ρO).
		P Cl³ protochlorure de phosphore.	
		P Cl⁵ perchlorure de phosphore.	

(*) Le signe ρ désigne le radical de l'oxyde. Si ρ désigne le fer, ces deux formules désigneront le nitrite et le nitrate de fer.

DÉNOMINATION française et signes des corps simples.	POIDS théorique de leur atome.	DÉNOMINATIONS et formules de leurs combinaisons binaires.	DÉNOMINATIONS et formules de leurs sels.
Sélénium (Se).	494,58	Se O2 acide sélénieux. Se O3 acide sélénique. Se H2 acide hydrosélénique.	Sélénites. Se O2 + ρO Séléniates. Se O3 + ρO.
Silicium (Si).	277,31	Si O3 acide silicique ou silice. Si F6 acide fluosilicique.	Silicates. Si O3 + ρO.
Soufre (S).	201,16	SO acide hyposulfureux. SO2 acide sulfureux. S2O5 acide hyposulfurique. SO3 acide sulfurique. SH2 acide hydrosulfurique.	Sulfites. SO2 + ρO Hyposulfates. S2O5 + ρO. Sulfates. SO3 + ρO.
Thorinium. (Th).	744,90	Th O oxyde de thorinium (thorine). Th Ch2 chlorure de thorinium.	
Zirconium (Zr).	420,20	Zr2O3 oxyde de zirconium (zircone) Zr Ch3 chlorure de zirconium.	
		B. MÉTAUX.	
Aluminium (Al).	171,17	Al2O3 oxyde d'aluminium (alumine) Al Ch3 chlorure d'aluminium.	
Antimoine (Sb).	806,45	Sb2O3 protoxyde d'antimoine. SbO2 acide antimonieux. Sb2O5 acide antimonique. Sb Ch3 protochlorure d'antimoine. Sb Ch4 perchlorure d'antimoine. Sb2S3 protosulfure d'antimoine.	Antimonites. SbO2 + ρO. Antimoniates. Sb2O5 + ρO.
Argent (Ag).	1351,61	Sbl3 protoiodure. AgO protoxyde d'argent. AgS sulfure. AgCh2 chlorure. Agl2 iodure.	Arsénites. As2O3 + 2(ρO).
Arsenic (As).	470,12	As2O3 acide arsénieux. As2O5 acide arsénique. AsS protosulfure d'arsenic. AsS2S3 deutosulfure d'arsenic. AsF3 fluorure d'arsenic. AsCh3 chlorure d'arsenic. Asl3 iodure.	Arséniates. As2O3 + 2(ρO).
Barium (Ba).	856,93	BaO oxyde de barium (baryte). BaO2 bioxyde. BaS sulfure de barium. BaCh2 chlorure de barium. BaF2 fluorure de barium. BaI2 iodure de barium.	

DÉNOMINATION française et signes des corps simples.	POIDS théorique de leur atome.	DÉNOMINATIONS et formules de leurs combinaisons binaires.	DÉNOMINATIONS et formules de leurs sels.
Bismuth (Bi) . . .	886,92	BiO bismoth (protoxyde de). . . Bi^2O^3 sesquioxyde de bismuth. . BiS sulfure de bismuth. . . . $BiCb^2$ chlorure de bismuth. . . BiI^2 iodure de bismuth.	
Cadmium (Cd) . . .	696,77	CdO oxyde de cadmium. . . . CdS sulfure de cadmium. . . .	
Calcium (Ca). . . .	256,03	CaO oxyde de calcium (chaux). . CaO^2 bioxyde de calcium. . . . CaS sulfure de calcium. . . . . CaF^2 fluorure de calcium. . . . $CaCb^2$ chlorure de calcium. . . CaI^2 iodure de calcium.	
Cérium (Ce). . . .	574,70	CeO protoxyde de cérium. . . . Ce^2O^3 sesquioxyde de cérium. . . $CeCb^2$ protochlorure de cérium. . $CeCb^3$ sesquichlorure de cérium. .	
Chrome (Cr). . . .	351,82	Cr^2O^3 oxyde de chrome. . . . . CrO^3 acide chromique.	Chromates. $CrO^3 + \rho O$.
Cobalt (Co).	368,99	CoO protoxyde de cobalt. . . . Co^2O^3 peroxyde de cobalt. . . . $CoCb^2$ chlorure de cobalt. . . .	
Colombium, ou Tantale (Ta).	1153,70	TaO oxyde de colombium. . . . Ta^2O^3 acide colombique. . . .	Colombates. $Ta^2O^3 + \rho O$.
Cuivre (Cu).	395,69	Cu^2O protoxyde de cuivre. . . . CuO bioxyde. . . . . . CuO^2 peroxyde. . . . . . Cu^2S protosulfure de cuivre. . . CoS bisulfure. . . . . . CuCb protochlorure de cuivre. . $CuCb^2$ bichlorure. . . . . . CuI iodure de cuivre.	
Étain (Sn).	735,29	SnO protoxyde d'étain. . . . . SnO^2 bioxyde. . . . . . SnS protosulfure d'étain. . . . SnS^2 bisulfure. . . . . . $SnCb^2$ protochlorure d'étain. . . $SnCb^4$ bichlorure. . . . . . SnI^2 iodure d'étain.	
Fer (Fe).	339,21	FeO protoxyde de fer. . . . . Fe^2O^3 sesquioxyde de fer. . . . FeS protosulfure de fer. . . . FeS^2 persulfure. . . . . . $FeCh^2$ protochlorure de fer. . . $FeCh^3$ sesquichlorure de fer. . . FeI^2 iodure de fer.	
Glucinium (Gl ou Be). .	331,26	Gl^2O^3 oxyde de glucinium (glucine). . . . . . $GlCb^3$ chlorure de glucinium. . .	

DÉNOMINATION française et signes des corps simples.	POIDS théorique de leur atome.	DÉNOMINATIONS et formules de leurs combinaisons binaires.	DÉNOMINATIONS et formules de leurs sels.
Iridium (Ir). . . .	1233,50	IrO protoxyde d'iridium. . . .	
		Ir^2O^3 sesquioxyde.	
		IrO^3 peroxyde.	
		IrC^3 carbure d'iridium. . . .	
		IrS Protosulfure d'iridium. . .	
		Ir^2S^3 sesquisulfure.	
		IrS^x persulfure.	
		$IrCh^2$ protochlorure d'iridium. .	
		$IrCh^3$ sesquichlorure.	
		$IrCh^4$ perchlorure.	
Lithium (L).	80,37	LO oxyde de lithium (lithine) . .	
		LCh^x chlorure de lithium. . . .	
Magnésium (Mg ou Ma).	158,35	MgO oxyde de magnésium (magoésie).	
		$MgCh^2$ chlorure de magnésium. .	
		MgI^2 iodure de magnesium. . .	
Manganèse (Mn). . .	345,89	MuO protoxyde de manganèse. .	
		Mn^2O^3 sesquioxyde de manganèse.	
		MnO^2 peroxyde de manganèse. .	
		MnO^3 acide manganique (vert). .	Manganates. $MnO^3+\rho O$.
		Mu^2O^7 acide hypermanganique (rouge).	Hypermanganates. $Mn^2O^7+\rho O$.
		MnS sulfure de manganèse. . .	
		$MuCh^2$ chlorure de manganèse. .	
Mercure (Hg.) . . .	1265,82	Hg^2O protoxyde de mercure. . .	
		HgO bioxyde.	
		Hg^2S protosulfure de mercure. .	
		HgS bisulfure (cinabre). . . .	
		HgCh protochlorure de mercure (merc. doux.)	
		$HgCh^2$ bichlorure (sublimé corrosif).	
		HgI protoiodure (vert).	
		HgI^2 biiodure (rouge).	
Molybdène (Mo). . .	598,52	MoO oxyde de molybdène. . . .	
		MoO^2 acide molybdeux. . . .	
		MoO^3 acide molybdique. . . .	Molybdates. $MoO^3+\rho O$.
		MoS^2 sulfure de molybdène. . .	
		MoS^3 trisulfure de molybdène. .	
Nickel (Ni).	369,67	NiO oxyde de nickel.	
		Ni^2O^3 peroxyde de nickel. . . .	
		NiS sulfure de nickel.	
		$NiCh^2$ chlorure de nickel. . . .	
Or (Au).	1243,02	Au^2O protoxyde d'or.	
		Au^2O^3 peroxyde.	
		Au^2S sulfure d'or.	
		AuCh protochlorure d'or. . .	
		$AuCh^3$ perchlorure.	

DÉNOMINATION française et signes des corps simples.	POIDS théorique leur atome.	DÉNOMINATIONS et formules de leurs combinaisons binaires.	DÉNOMINATIONS et formules de leurs sels.
Osmium (Os). . . .	1244,48	OsO protoxyde d'osmium. . . . Os^2O^3 bioxyde. . . . . . OsO^3 peroxyde. . . . . . OsO^4 acide osmique. . . . . . OsS^4 sulfure d'osmium. . . . . $OsCh^2$ protochlorure d'osmium. . $OsCh^4$ perchlorure.	
Palladium (Pa). . . .	665,90	PaO protoxyde de palladium. . . PaO^2 bioxyde de palladium. . . PaS sulfure de palladium. . . . $PaCh^2$ protochlorure de palladium. $PaCh^4$ bichlorure de palladium. .	
Platine (Pl).	1233,50	PtO protoxyde de platine. . . . PtO^2 bioxyde de platine. . . . PtS protosulfure. . . . . . PtS^2 bisulfure. . . . . . $PtCh^2$ protochlorure de mercure. $PtCh^4$ bichlorure.	
Plomb (Pb).	1294,50	PbO protoxyde de plomb. . . . Pb^2O^3 sesquioxyde de plomb. . . PbO^2 peroxyde de plomb. . . . PbS sulfure de plomb. . . . . PbF^2 fluorure de plomb. . . . $PbCh^2$ chlorure de plomb. . . . PbI^2 iodure de plomb.	
Potassium (K). . . .	489,92	K O oxyde de potassium (potasse). KO^2 peroxyde de potassium. . . KS sulfure de potassium. . . . KCh^2 chlor. de potassium. . . . KF^2 fluorure de potassium. . . KBr^2 brom. de potassium. . . . KI^2 iodure de potassium. . . .	
Rhodium (R). . . .	651,40	R O protoxyde de rhodium. . . R^2O^3 sesquioxyde de rhodium. . R^2S^3 sulfure de rhodium. . . . RCh^3 chlorure de rhodium. . .	
Sodium (Na). . . .	290,90	NaO oxyde de sodium (soude). . . Na^2O^3 peroxyde de sodium. . . NaS sulfure de sodium. . . . . $NaCh^2$ chlorure de sodium. . . . NaF^2 fluorure de sodium. . . . $NaBr^2$ brômure de sodium. . . NaI^2 iodure de sodium.	
Strontium (Sr). . .	547,28	SrO protoxyde de strontium (strontiane). . . . . . SrO^2 peroxyde de strontium. . . SrS sulfure de strontium. . . . $SrCh^2$ chlorure de strontium. . . SrI^2 iodure de strontium. . . .	

DÉNOMINATION française et signes des corps simples.	POIDS théorique de leur atome.	DÉNOMINATIONS et formules de leurs combinaisons binaires.	DÉNOMINATIONS et formules de leurs sels.
Tellure (Te). . . .	801,74	TeO^2 oxyde de tellure.	Tellurates. $TrO_3+\rho O$.
		TeO^3 acide tellurique.	
		TeS^2 sulfure de tellure.	
		$TeCh^2$ protochlorure de tellure. .	
		$TeCh^4$ chlorure de tellure. . . .	
		TeH^2 acide hydrotelliurique. . .	
Titane (Ti).	303,66	TiO^2 acide titanique.	Titanates. $TiO^2+\rho O$.
		$TiCh^4$ chlorure de titane. . . .	
Tungstène ou Wolfram (W).	1183,00	WO^2 oxyde de tungstène. . . .	Tungstates. $WO^3+\rho O$.
		WO^3 acide tungstique.	
		WS^2 protosulfure de tungstène. .	
		WS^3 persulfure.	
Urane (U).	2711,36	U O oxyde d'urane.	
		U^2O^3 peroxyde d'urane.	
		UCh^2 protochlorure d'urane. . .	
		UCh^3 sesquichlorure d'urane . .	
		US sulfure d'urane.	
Vanadium (Va). . .	855,84	VaO protoxyde de vanadium. . .	Vanadates. $VaO^3+\rho O$.
		VaO^2 bioxyde de vanadium. . .	
		VaO^3 acide vanadique.	
		VaS^2 protosulfure de vanadium. .	
		VaS^3 persulfure de vanadium. .	
		$VaCh^4$ chlorure de vanadium. .	
Yttrium (Y (*). . .	402,51	Y O oxyde d'yttrium (Yttria). . .	
		YCh^2 chlorure d'yttrium. . . .	
Zinc (Zn).	403,32	ZnO oxyde de zinc.	
		ZnS sulfure de zinc.	
		$ZnCh^2$ chlorure de zinc.	
		ZnI^2 iodure de zinc.	

(*) D'autres auteurs admettent 1330,37 pour le poids de l'atome de bismuth; et 948,61 ou 805,14 pour l'atome d'yttrium.

798. Il ne faudrait pas voir, dans le mécanisme de la table précédente, l'œuvre exclusive de la théorie atomistique. Les nombres qu'elle donne, tout interprétés qu'ils sont par la théorie, sont déduits d'expériences positives; ils expriment les quantités relatives de substances qui rentrent dans une combinaison. Car toutes les expériences, dirigées avec soin, sont venues confirmer la loi signalée par Wenzel, sur la fixité des proportions chimiques. La théorie atomistique n'a rien infirmé, ni rien confirmé sur ce point; elle n'a fait que chercher à se représenter par des volumes, ce que la théorie positive des proportions exprimait par des poids; et les rapports du poids au volume, elle les a exprimés non point en chiffres, mais en atomes. Ce serait s'exagérer de beaucoup son importance, que de croire qu'elle ait tracé une route nouvelle aux investigations, préparé le terrain à des découvertes, et fait naître des vérités; ce serait attribuer à sa forme qui est arbitraire, un résultat qui est dû en entier au fond qu'elle exploitait, c'est-à-dire à la théorie des proportions.

Ainsi une fois que l'expérience directe a appris que,

390,9 de soude + 501,16	d'acide sulf.	= sulfate de soude;
589,9 de potasse + 501,16	id.	= sulfate de potasse;
956,9 de baryte + 501,16	id.	= sulfate de baryte;
356,0 de chaux + 501,16	id.	= sulfate de chaux;

si la théorie survient et exprime ce résultat de la manière suivante :

sulfate de soude = Na O + S O^3;
sulfate de potasse = K O + S O^3;
sulfate de baryte = Ba O + S O^3;
sulfate de chaux = Ca O + S O^3;

elle n'aura fait que traduire en signes algébriques, les rapports que l'expérience avait donnés en chiffres, en admettant que O = 100; S = 201,16; Na = 290,9; K = 489,9; Ba = 856,9; Ca = 256,0; — et la science théorique ou pratique n'y perdrait rien, à ce que la table des proportions fût dressée d'après l'une ou l'autre forme. Nous nous hasarderons même à avancer par anticipation, que la première forme serait préférable, à cause de sa simplicité, qui n'est que l'énoncé de l'expérience directe. Il est à craindre que la théorie ne détruise, dans l'esprit du chimiste, la certitude qu'il attache aux résultats directs, en le faisant passer, pour arriver à la formule, par une foule d'analogies hasardées et d'hypothèses arbitraires et de convention.

§ II. *Application de la théorie atomistique aux phénomènes de la chimie organique.*

799. Ce n'est pas le lieu, dans ce chapitre, de pousser plus loin la critique de la théorie atomistique en elle-même; nous n'avons à la juger que sous le point de vue de ses applications à l'étude des corps organisés. Ici elle a été plus qu'embarrassante, elle a été funeste; car ici, ne se contentant plus de combiner les nombres obtenus directement par l'expérience, elle a cherché à prévoir, à deviner, à donner d'avance des formules, sans s'apercevoir qu'elle changeait de règne, et partant de lois, et qu'elle mettait le pied sur un terrain d'une tout autre nature que le terrain inorganique.

800. En effet, expliquer le mode selon lequel les atomes doivent se grouper pour former des organes, d'après la théorie qui a servi à faire comprendre comment les atomes se groupent pour former des cristaux, ce serait déjà une tentative absurde, alors que la théorie aurait eu un plein succès dans sa première application. Car ce serait admettre implicitement que la cristallisation est l'analogue de l'organisation, et que la différence est toute nominale entre le règne inorganique et le règne organique. Or, comment a-t-on perdu de vue cette considération qui est sans réplique? c'est qu'on a forcé l'analogie en cherchant à l'étendre; c'est qu'on a confondu les accessoires d'un organe avec l'organe lui-même, et argumenté sur tout le règne organisé, de la même manière que sur les corps inorganiques que l'on a rencontrés dans les organes, enfin sur des organes, comme sur les sels qu'ils recèlent.

Je m'explique. La théorie s'appliquait aux carbonates, aux acétates, aux oxalates, qui se trouvent dans les tissus, et qui en émanent, avec le même succès qu'aux sulfates, aux hydrochlorates inorganiques. Mais les acétates, les oxalates, etc., se décomposent par le feu en carbone, oxygène et hydrogène, dont la théorie avait déjà déterminé le poids atomique, et ces trois corps forment l'acide du sel, dont la base s'obtient sous forme de cendres. Or par une autre série d'expériences, on avait trouvé qu'en dernière analyse, toutes les substances organisées se décomposent à leur tour en carbone, oxygène, hydrogène et azote réunis, deux, trois ou quatre ensemble; on a conclu que l'on était en droit de déterminer le nombre d'a-

tomes, qui représeateraient la combinaison de ces substances dans leur état d'organisatioa, par les mêmes procédés qui avaieat donné le aombre d'atomes de la combiaaison saline. C'est là que l'analogie devenait forcée; car elle perdait de vue, en ce point, un élémeat qu'elle faisait pourtant entrer daas la détermiaatioa des atomes des substances inorganiques; elle perdait de vue les bases aalines, et ae s'attachait plus qu'aux produits gazeux. Pour déterminer le nombre d'atomes d'ua sel, elle cherchait les rapports aumériques des hascs et des acides, des radicaux terreux et des métalloïdes; et tout à coup elle aégligeait la base et ne s'appliquait plus qu'aux gaa. Aussi avait-elle fini par traasformer la chimie organique en ua chaos d'anomalies et d'incohéreaces, où le désordre a'offrait hérissé de chiffres et de calculs; ea sorte que la chimieorganique, riche de faits observés, ne possédait pas une loi, et que, daas nos livres, elle paraissait aussi étrangère à la physiologie, que le règae laorgaaique l'est, daas la nature, par rapport au règae organisé. Ce désordre dure encore daas les ouvrages académiques; car les coupables du délit ont eacore ea main le sceptre de l'autorité scientifique; mais il se renferme de plus ea plus dans l'enceiate du sanctuaire, et le public ne s'en rend presque plus complice, ou raisoane en vertu d'autres erremeats.

801. Pour se coavaincre que la méthode est fausse et abusive, il suffira de placer face à face les résultats de quelques-uns de ses calculs; il paraîtra, ea effet, étrange de voir que les substaaces les plus hétérogéaes, peadaat leur état de vie et d'élaboratioa, se préseatent, après avoir passé par la filière de la théorie, exactement composées de la même façoa, c'est-à-dire du même nombre d'atomes :

Sucre de caaae	$= C^{12} H^{10} O^5$;
amidon	$= C^{12} H^{10} O^5$;
gomme	$= C^{12} H^{10} O^5$;
acide lactique des sels	$= C^{12} H^{10} O^5$ (*);

Quand une théorie aboutit à de tels résultats, elle est jugée. Mais cela ae suffit pas, daas aotre état social, pour qu'elle soit abandoaaée; aussi est-elle largement professée daas les chaires du haut enseignement, et la voit-on hérisser du luxe facile de ses calculs tes livres classiques de la chimie française; c'est par de telles absurdités qu'on mérite l'insigae honneur d'être reçu dans l'auguste corps chimique, et d'être cité dans les hautes compilatioas de l'enseignement autorisé. Nous serons forcé à aotre tour de consigner ces résultats dans notre livre, à la suite des analyses élémentaires; mais nous déclaroas ici une fois pour toutes, que la eltation équivaudra, dans tous les cas, à une radiatioa, et que chaque formule sera terminée par ce signe = 0.

802. Pour faire compreadre par quelle filière la théorie amène à ce résultat, on n'aura qu'à se rappeler ce que nous avoas dit de la densité (303) d'un côté, et de la manière dont la théorie obtieat le poids hypothétique de l'atome (792). On obtient, en effet, le rapport des atomes, par le méme genre de calcul que les rapports des volumes, et dès lors dans la formule $\frac{P}{D} = V$, $V = At$; c'est-à-dire qu'en divisant le poids d'une substance gazeuse par sa densité, le quotient pourra être coasidéré comme exprimant le aombre d'atomes; si l'on trouve alors que les atomes soat ea trop grand nombre; la théorie, toujours complaisante eavers qui veut s'en servir, permettra d'en réduire le nombre par un commun diviseur.

Soit, par exemple, l'analyse élémentaire du sucre de canae exprimée en poids :

Carbone	hydrogéae	oxygène
42,	6,	50;

$\frac{P}{D}$ donnera, pour le carbone 0,55 (en faisant C = 76), ou 1,10 (en faisant C = 38); pour l'hydrogéae = 1,00; pour l'oxygène = 0,5. Mais la théorie n'admet pas, pour désigner les rapports des atomes, des nombres fractionnaires; elle traasformera donc ces fractioas en uaités, en complétant ce qui maaque aux fractions pour se placer au rang des diaaines; et dès ce moment le chiffre du carbone sera 6 daas la premiére hypothèse, et 12 dans la seconde; celui de l'hydrogéne sera 10, celui de l'oxygéaa étant pris pour point de départ = 5. La molécule de sucre devra être coasidérée de la sorte, par les uns, comme formée da 21 atomes; et, par les autres, comme portant le nombre de ses atomes jusqu'au chiffre 27. Cet exemple devrait nous dispeaser d'entrer dans de plus longs détails à cet égard.

803. Mais une seule observatioa suffira pour renverser tout cet échafaudage de lettres majuscules et d'exposaats algébriques: c'est que toutes les gommes ne doaneat pas les mêmes proportioas

(*) D'autres chimistes, qui adopteat la formule C = 76, au lieu de C = 38,22, pour représenter l'atome du carboae, exprimeat la formule ci-dessus par $C^6H^{10}O^5$. La théorie change, romme on le voit, en passant d'une main dans une autre.

de carbone, par rapport aux deux autres gaz; c'est que les proportions varient selon le mode de leur dessiccation, selon qu'elles ont séché lentement à l'air ou rapidement à l'étuve. Les expériences de Proust, sur l'analyse élémentaire de l'amidon, ont mis, dans une évidence mathématique, ce résultat que tout bon esprit aurait pu prévoir auparavant. En effet, l'auteur ayant analysé l'amidon de froment, après une dessiccation ordinaire, obtint par l'analyse élémentaire (243), les proportions suivantes :

carbone	eau
37,5	62,5 = (O 55,56 + H 6,94);

la même substance soumise, pendant vingt heures, à une température de 95 à 100°, perdit 12,5 sur 100 en poids, et donna par l'analyse élémentaire :

carbone	eau
42,8,	57,2 = (O 50,80 + H 6,34);

la même substance soumise, vingt-quatre heures, à la température de 100°, et pendant six heures à la température de 150 à 180°, perdit, pendant ces six heures, 2,3 sur 100 en poids, et donna par l'analyse élémentaire :

carbone	eau
44,	56 = (O 49,78 + H 6,22).

Qu'on applique le calcul atomistique à ces nombres, on aura nécessairement trois formules différentes de la même substance, selon que l'on en aura poussé la dessiccation à trois degrés différents. Dans le premier cas, l'amidon = C^{10} H^{11}. O^7; dans le second, = C^{11} H^{10} O^6; et dans le troisième, = C^{12} H^9 O^5; et les degrés intermédiaires entre ces diverses dessiccations varieront évidemment à l'infini, soit naturellement, soit par les modifications des procédés employés.

804. Malheur donc à la science qui s'amuse à tracer des formules, avant d'avoir fixé ses bases, et qui s'aventure dans la voie des calculs, avant d'avoir déterminé avec bonheur la valeur des termes. Sa marche semble tout à coup prendre une allure plus décidée, un mouvement plus rapide; mais il se trouve tôt ou tard, qu'elle n'a fait tant de chemin que pour aboutir à l'absurde, et elle se voit forcée d'en faire tout autant à reculons afin de se remettre au point du départ; elle a fait des pas de géant dans un cercle vicieux. Aussi la chimie organique, qui avait procédé jusque-là avec un doute si philosophique, et qui se montrait si sage, si circonspecte dans les œuvres de Macquer, de Baumé, etc., se mit-elle en veine de découvertes et de créations nominales, dès que la chimie inorganique lui eut ouvert la porte vers les innovations. Elle eut ses combinaisons binaires, ternaires, quaternaires, et même quinaires; des bases salifiables et des acides arrivèrent tous à la fois, pêle-mêle, par doubles et triples emplois; les tissus et les organes prirent les caractères d'acides, et même de sels. Le scalpel céda le pas à la balance, l'anatomie à la pesée, et la physiologie à la décomposition élémentaire. On ne s'aventura pas seulement dans cette route, on s'y rua, comme on s'était rué dans un autre genre de système protégé par l'autorité, au temps du Régent. Les systèmes protégés portent malheur : la ruine y suit de près la fortune; il se trouva bientôt que l'on avait pris des bases terreuses pour des bases organiques, un mélange de sucre et d'acide hydrochlorique pour un acide végétal, et des organes, et des débris d'organes pour des cristaux et des substances immédiates. Proust lui-même, le grand Proust, s'était commis dans cette fausse route; et, dans le cours de trois longs mémoires insérés aux *Annales de chimie et de physique*, il n'avait cessé de considérer, comme une substance nouvelle (hordéine), le son de la farine, que tout meunier lui aurait indiqué du doigt avant l'opération.

Et ces erreurs matérielles, fruits inévitables d'une théorie hasardée, avaient tellement pris racine dans les esprits, que l'on ne pouvait plus se flatter de les signaler, sans occasionner un scandale. Une explosion d'indignation suivit le scandale de la révélation; et les intéressés ne pardonneront jamais à l'évidence, qui est venue porter son flambeau dans ce dédale, jusque-là calme et silencieux. Sans la nier, ce qui eût été maladroit, on en affaiblit l'importance; au lieu de combattre contre le nombre des faits démontrés, on se retrancha sur les faits qu'il restait à démontrer encore; toujours délogés; mais, en reculant, jamais vaincus; fatiguant l'opinion publique et le novateur; égarant celle-là, épuisant celui-ci; présentant le bienfait sous l'odieux d'une insulte personnelle, et demandant au pouvoir occulte la grâce de venger, contre la vérité accablante, la science qui se trouvait aux abois. Les pouvoirs ne s'abandonnent jamais entre eux.

805. La cause est gagnée aujourd'hui, mais la stratagème dure encore. Il est curieux de suivre les mouvements de la science en habit brodé, dans ses marches et contre-marches, de voir comment elle glisse sur un fait, pour se rabattre sur un autre, comment elle se consola de ses vieilles erreurs, en s'applaudissant de quelques considérations qui ne sont pas de son œuvre.

806. D'après l'un, « la chimie qu'on appelle or-

« *ganique* ne peut être distinguée de la chimie « *inorganique;* la plupart des faits qui semblaient échapper à cette science appartiennent « à la physique, à l'anatomie et à la physiologie. « Toute la partie de la chimie, dite organique, « n'est que la chimie appliquée à l'histoire naturelle, et elle finira par être entièrement du domaine de cette science. La chimie générale se « compliquerait trop pour qu'elle pût conserver « ces matières. Elle les REJETTERA d'autant plus, « qu'elle ne peut trouver en elle-même des méthodes pour les classer, et que là où il y a confusion, il n'y a pas de science. »

« Il faut RENVOYER, dit Dumas (*), à la physiologie, l'histoire des substances qui ne sont que des « organes ou des débris d'organes, comme le « ligneux, la fibrine, l'amidon, et tant d'autres « produits complexes, qui n'INTÉRESSENT le chimiste que comme matière première de ses opérations. Je BORNE donc la chimie organique à « l'étude des composés définis, existant dans le « règne organique, ou produits par des réactions « exercées sur des substances qui en proviennent. « Mais, on le voit, c'est encore retomber dans une « définition basée uniquement sur l'origine des « corps, et entièrement indépendante de leur nature. J'ai CHERCHÉ VAINEMENT une autre définition, et c'est PRÉCISÉMENT parce que j'ai été IMPUISSANT à la découvrir, que je me suis laissé « entraîner à croire que la CHIMIE MINÉRALE et la « CHIMIE ORGANIQUE se confondent. »

Avions-nous tort de dire, au commencement de cet ouvrage (2), que messieurs les savants raisonnent de la science, comme les maîtrises raisonnaient des diverses professions, du temps où la maladie était tantôt une entité chirurgicale, et tantôt une entité médicale, et où le médecin défendait au chirurgien d'administrer autre chose au malade que des coups de lancette ou de bistouri? Les autorités officielles de la chimie en sont venues à ce point de confusion de la langue, qu'elles ne donnent une définition, précisément qu'à cause de leur impuissance à en trouver une meilleure.

807. Mais pendant que le chimiste reléguait ainsi, dans le domaine de la physiologie, tout ce qu'il était impuissant à faire rentrer dans le cadre adopté *à priori*, le physiologiste, de son côté, créait des lois qui rompaient en visière avec les lois physiques et chimiques de la nature; et ils s'approuvaient réciproquement l'un l'autre, par cela qu'ils s'étaient éloignés d'une distance où ils ne pouvaient plus s'entendre. Le vitalisme, l'humorisme, le solidisme, les forces vitales, etc., avaient chassé la physique et la chimie de leur camp, comme la chimie chassait la physiologie; mais, à force de se disputer le terrain et de se tourner en ridicule en face de tout le monde, les doctrines physiologiques avaient fini par se renverser toutes ensemble, et par laisser la place vacante au premier occupant; personne n'en parlait plus. Alors apparut l'*endoamose*, s'annonçant, en toutes lettres, comme l'AGENT IMMÉDIAT DU MOUVEMENT VITAL. Il ne sera pas sans quelque intérêt de nous occuper de cette loi nouvelle, d'autant plus qu'elle a acquis depuis l'importance académique, et qu'elle marche aujourd'hui avec des insignes.

§ III. *Histoire de l'endosmose.*

808. Le physicien Porret avait divisé un vase en deux compartiments séparés par une cloison formée avec un morceau de vessie; l'un de ces compartiments était rempli d'eau, l'autre en renfermait une faible quantité. Ayant mis le premier en rapport avec le pôle positif de la pile voltaïque, et le second avec le pôle négatif, aussitôt l'eau passa, au travers de la membrane animale, du compartiment rempli d'eau dans l'autre, où elle s'éleva un peu plus haut que le niveau. Cette expérience, précise dans ses termes, ne fut donnée que comme un fait à classer dans les phénomènes de l'électricité, et non comme une loi universelle, ni comme l'agent immédiat du mouvement vital.

809. Le 9 octobre 1826, Dutrochet lut, à l'Académie des sciences, un premier travail, dont la prétention était moins modeste. L'auteur y annonçait une loi générale, qu'il désignait déjà par deux mots grecs, et dont l'expression n'était rien moins que compliquée. Toutes les fois, disait-il, que vous mettez en contact deux liquides de densité différente, séparés seulement par une membrane animale, le plus dense attire le moins dense. Placez, par exemple, le liquide plus dense dans une vessie, ou dans un *cæcum* de poulet, que vous plongerez dans l'eau pure, celle-ci se portera, à travers la membrane animale, vers le liquide dense, qui montera d'autant. L'auteur désignait ce phénomène par le mot *endosmose* (**). Si le

(*) *Journal de pharmacie*, t. XX, p. 267, 1834.

(**) De ἔνδον, *dedans*, et ὠσμος, *impulsion*.—Nous ne laissons jamais passer l'occasion, on le sait, de faire remarquer combien il est ridicule de recourir à chaque instant à la langue grecque, lorsque, en France, nous savons si mal le grec. *Endosmose*, outre l'équivoque du radical *osmose*, qui, avant toute explication, peut aussi bien signifier *odeur qu'impulsion*, *endosmose* est un solécisme; ἔνδον exprimant un mouvement intérieur, ou à

liquide plus dense se trouve autour de la membrane et l'eau pure dedans, alors c'est le liquide intérieur qui se portera au dehors, il y aura *exosmose* (*). L'auteur concluait de ses expériences que le mobile de cette loi résidait dans la membrane elle-même, qui était douée d'une *vis à tergo*, d'une force d'impulsion analogue à celle qui aurait poussé le liquide, par compression, du dedans au dehors ou du dehors au dedans. Cette *vis à tergo*, inhérente à l'organisation des membranes, devenait ainsi l'agent immédiat du mouvement vital, et celui de tous les phénomènes de la vie.

810. Cette loi s'offrait à l'esprit avec un appareil si simple; elle paraissait si nouvelle et si contraire à ce que chacun de nous avait vu dans les diverses expériences du laboratoire, que je m'empressai de répéter les expériences de l'auteur avec l'appareil qu'il indiquait dans son travail. Il se trouva que j'étais tombé sur les exceptions à la loi, et que, faute d'avoir pu lire le travail, je n'avais pas eu l'occasion de rencontrer un seul des phénomènes, sur lesquels l'auteur avait basé sa théorie. Ainsi, ayant placé dans la vessie, tantôt une dissolution de sel marin, tantôt de l'acide sulfurique, etc., l'eau qui enveloppait la vessie, au lieu d'être attirée par les liquides plus denses renfermés dans la vessie, ne tardait pas à donner des signes évidents de la présence de ceux-ci, et à prouver que les liquides plus denses avaient traversé la membrane au lieu d'attirer les autres. La loi n'était donc pas une loi générale, ce que je signalai dans une lettre à l'Institut à la séance suivante. Mais l'auteur nous apprit alors qu'il avait procédé à toutes ses expériences, avec de l'albumine et de la gomme arabique; qu'il en avait conclu que les phénomènes observés, sur ces deux substances, étaient le résultat de la différence de densité; d'où, par une autre conséquence plus rigoureuse sans doute que la précédente, il avait conclu que le même phénomène se reproduirait, toutes les fois que l'on remplacerait l'albumine et la gomme par une substance quelconque plus dense que le liquide ambiant. Cet aveu de l'auteur expliqua tout le phénomène, et le fit descendre de bien haut, au rang des faits de détail qui ne méritent qu'une courte explication.

811. L'explication était des plus simples; Ampère et Hachette l'adoptèrent à la Société philomathique, en rendant compte de la lettre que j'avais adressée à l'Institut. « L'albumine et la gomme, disais-je, ne sont pas des liquides, mais des tissus qui commencent à s'organiser. Ces substances ne sauraient donc passer à travers les pores d'une membrane animale, puisqu'elles ne passeraient même pas à travers les lacunes d'un filtre de papier à plusieurs doubles. Mais l'eau pure passe facilement à travers les membranes animales, et ce phénomène est connu sous un nom français généralement adopté : l'*imbibition*. D'un autre côté, l'albumine et la gomme, membranes rudimentaires, ont bien plus la propriété de s'imbiber que les membranes achevées et avancées en âge, et l'imbibition des tissus jeunes simule une dissolution; mais tout tissu qui s'imbibe augmente de volume; qu'arrivera-t-il donc, si vous emprisonnez l'un de ces tissus rudimentaires (*l*), dans un vase fait en forme d'entonnoir renversé (pl. 2, fig. 11), terminé par un long tube, et fermé inférieurement par une membrane animale (*m*)? si vous plongez la membrane dans l'eau distillée (*l'*) du vase (*v*), la membrane qui sert de cloison s'imbibera de l'eau qui la mouille, elle transmettra cette eau à toutes les membranes, quelles qu'elles soient, qui se trouveront en contact avec sa paroi intérieure, et portant aux membranes rudimentaires, aux tissus naissants et presque liquides qui rempliront la capacité, qu'elle limite par sa base. Ces liquides organisés augmenteront successivement de volume; ils devront donc monter dans le tube capillaire, comme ils monteraient, quoique d'une manière moins appréciable, dans un vase à large rebord; et, vu le petit diamètre du tube qui leur ouvre un passage, ils finiront par s'écouler au dehors, jusqu'à ce que leur capacité de saturation soit épuisée; ce qui présentera alors, non plus une loi nouvelle, mais un simple amusement physique, que l'on avait déjà assez souvent apprécié sur d'autres liquides, par exemple sur l'acide sulfurique, qui, exposé à l'humidité de l'air, finit par déborder le vase et se répandre au dehors. Au lieu d'albumine, déposez dans l'entonnoir un morceau de chaux vive, elle se délitera et augmentera de volume, en soutirant à la membrane (*m*) l'eau dont celle-ci continuera à s'imbiber. Il en sera de même du sel marin cristallisé; il commencera par fondre et se dissoudre; mais une fois dissous, ce sel passera à travers la membrane et

la question *ubi*, et non au mouvement du dehors en dedans, ou à la question *quo*. C'est *eisosmose* qu'il aurait fallu dire. Il est infiniment probable qu'on blesserait moins les règles du langage, en parlant français.

(*) De ἐξ (et non pas ηξ, comme le dit l'auteur) et ωσμος impulsion du dedans au dehors.

viendra se mêler à l'eau, comme l'eau vient à travers la membrane se mêler à lui; car deux substances, qui passent également à travers une membrane, se mêlent de part et d'autre, comme elles le feraient avec plus de rapidité, sans l'interposition de la membrane. Certains acides enfermés dans la vessie passeront à travers la membrane, avant que l'eau ait même pu arriver jusqu'à eux; car la plupart des acides désorganisent les membranes animales, les amincissent, les dissolvent, les rongent et les trouent; on les verra donc, quoique plus denses que l'eau, arriver jusqu'à elle comme en bloc, avant que celle-ci ait pu même imbiber la membrane. Il n'en sera pas de même de l'alcool et de l'éther, qui sont moins denses que l'eau; ces deux liquides ne passent pas à travers les membranes animales ou végétales; ils les coaguient et en rétrécissent les pores, au lieu de les épanouir; mais ils sont très-avides d'eau; placés dans l'entonnoir (*en*), ils renverseront tout l'échafaudage de l'*endosmoae*, car ces liquides, moins denses que l'eau, sembleront attirer l'eau, au lieu d'en être attirés; ils monteront dans le tube, en s'étendant de l'eau dont la membrane qui les cloisonne continuera à s'imbiber, et ils verseront au dehors du tube, jusqu'à ce qu'ils aient atteint les limites de leur capacité de saturation. Sous tous ces rapports, une plaque poreuse offrira les mêmes phénomènes que la membrane animale. Enfin, voyez à quoi tient la différence de l'*endosmose* et de l'*exosmoae!* sans rien déplacer que la ficelle, et en laissant les deux liquides dans la même position, on peut vous donner l'*endosmose* ou l'*exosmose*. Soit, en effet, un liquide organisé (*l*), dans l'entonnoir (*en*), et l'eau distillée (*l'*) dans le vase (*v*); si l'on attache la membrane (*m*) autour du rebord de l'entonnoir (*en*), il y aura *endosmose* d'après l'auteur; car l'eau (*l'*) ENTRERA à travers la membrane (*m*) dans l'entonnoir; mais si, au contraire, on attache la membrane (*m*) autour des rebords du vase (*v*), il y aura *exosmose*, puisque l'eau sortira à travers la membrane qui l'emprisonne dans le vase; or, en tout ceci, il n'y aura rien de changé que la position de la ficelle. Les deux mots *endosmose* et *exosmose* n'expriment donc pas deux phénomènes distincts, mais deux modes de placer l'appareil: c'est le mouvement de va et le mouvement de vient, qui, grammaticalement, sont différents, mais qui, physiologiquement, sont exactement les mêmes; car ils expriment deux modes d'exercice, mais non deux fonctions. »

812. Ces explications étaient trop faciles à concevoir, pour n'être pas adoptées par tout le monde. Mais à Paris, tout n'est pas fini quand on a réfuté; il est de l'honneur d'un corps savant, de défendre ses candidats quand même, et de faire en sorte que leurs idées ne meurent que de leurs propres mains. La loi nouvelle était évidemment absurde; il fallait faire croire qu'elle offrait matière à discussion: Ampère, qui d'abord avait haussé les épaules, fut averti de garder le silence; Poisson donna la réplique, par quelques A + B, qui avaient l'air d'être les signes de quelque chose; et Dutrochet vint tous les huit jours apporter à sa loi un amendement, qui la faisait passer tantôt de la physiologie dans la physique générale, tantôt de la physique générale dans la physiologie; il la redoublait ensuite tous les quinze jours, puis tous les ans, et la recommandait, par tous les genres d'influences que les candidats à l'Académie ont à leur disposition, à la bienveillance de quiconque devait désigner, dans sa phrase, le phénomène de l'imbibition, que le mot *endosmose* semblait traduire d'une manière plus harmonieuse. Nous sommes loin de vouloir blâmer ces petites complaisances de langage; les protégés ne sauraient montrer à moins de frais leur dévouement aux protecteurs, ni les lauréats à ceux qui distribuent les couronnes. Il nous a seulement paru utile d'exposer comment on fait des lois à l'Institut, et comment on les amende.

813. Nous ajouterons une dernière observation, qui n'est pas une des moins capables de faire concevoir où l'on en était alors, sous le rapport de l'étude des tissus organisés. Pour répondre à ce que nous avions dit de l'albumine, et pour démontrer que l'on devait attribuer le phénomène de l'endosmose à la *via à tergo* de la vessie, et non à la propriété d'imbibition de l'albumine, l'auteur avançait, dans une lettre à l'Institut, que l'albumine de l'œuf par elle-même était sans affinité pour l'eau. En effet, ayant déposé, dans un tube rempli d'eau, une certaine quantité d'albumine, celle-ci s'était rendue au fond du vase, sous un volume que l'auteur avait pris soin de noter; or, disait-il, ce volume n'avait pas changé après vingt-quatre heures de séjour; ainsi l'albumine n'avait aucune affinité pour l'eau. Nous répondîmes que l'albumine étant un tissu organisé, dont les mailles étaient turgescentes d'une substance soluble, celle-ci se mêlait à l'eau ambiante, sans que la cellule se vidât, puisque l'eau remplaçait la portion éliminée. Or le tout ne devait pas changer de volume, quand la partie n'en changeait pas; le tissu albumineux déposé au fond du verre de-

vait donc avoir l'air d'être toujours au même niveau, tout en se vidant de la substance soluble, qui auparavant remplissait ses mailles, et qu'au fur et à mesure l'eau ambiante venait remplacer. Quant à l'eau qui surmontait ce tissu, elle devait n'avoir pas l'air de changer de nature, en se saturant d'albumine soluble, puisqu'elle conservait sa limpidité (27). Mais nous faisions observer que, si l'on voulait s'assurer de la présence de l'albumine dans cette portion limpide, il suffisait d'en extraire une goutte, et de la présenter à la chaleur, pour obtenir une masse coagulée. L'auteur retira son explication, qui, du reste, était en harmonie avec les fausses idées qu'on s'était faites de l'albumine à cette période de la chimie.

814. En sorte que la loi de l'*endosmose* a cédé le terrain à mesure que l'expérience le lui a disputé; elle a fait, si je puis m'exprimer ainsi, le tour du monde en reculant, perdant son bagage de distance en distance, mais n'en conservant pas moins son nom, ou au moins l'un des deux. Avantage inappréciable des radicaux grecs qui survivent à la chute de l'idée, et s'impatronisant dans la science, même alors que la science ne croit plus au fait! Que resterait-il, en effet, de ces expériences, si l'auteur avait eu la fatale idée de désigner le phénomène par le mot d'*imbibition*? La puissance du mot grec a servi d'égide à l'équivalent d'un gros volume de palinodies : c'est là tout le secret de la manie des hellénismes, dans les créations nominales.

815. Mais, comme on a dû s'en assurer par l'historique que nous venons d'esquisser, tandis que les chimistes repoussaient dédaigneusement, dans le domaine de la physiologie, tout ce qui se prêtait peu à la méthode d'observation, qui avait fini par encombrer leur science de tant d'êtres imaginaires; de leur côté les physiologistes, restant absolument étrangers aux principes de la chimie, s'amusaient, sans crainte de contrôle, à voir des phénomènes dans des apparences, et à fonder des lois nouvelles, sur un fait mécanique, qui, sans la publicité académique, eût à peine fourni matière à un simple amusement physique. Et lorsque la réfutation leur arrivait du dehors aux uns et aux autres, avec ses allures prolétaires, alors ils s'associaient tous ensemble, pour s'entr'aider d'un concours bien tardif et d'une colère d'ensemble. Pour masquer la faute, on la couvrait d'un appareil métrique; comment dès lors révoquer en doute une loi, que l'on mesurait par un endosmomètre, comme on mesure la chaleur par un thermomètre? Les bons esprits haussaient les épaules; mais dans un corps dépendant de l'autorité, les bons esprits savent combien il en coûte de ne savoir pas se taire, et ils se taisent souvent.

On croirait que nous allons conclure de toutes ces réflexions, qu'il est inutile dès ce moment de se livrer à la polémique, et de soumettre au contrôle du *sens commun*, les élucubrations classiques de la docte assemblée; bien loin de là; ceux, pour qui la recherche de la vérité est un culte et non une spéculation, doivent redoubler plus que jamais de hardiesse et de persévérance; du fond de leur laborieuse solitude, chacun doit surveiller ces faciles travaux, et les ramener sur la route véritable, quand même il devrait tailler sa plume au bois vert, et la faire claquer comme un fouet scientifique. Les ruades d'un pouvoir qui faillit, n'ont jamais été mortelles pour le sage; il en est plus d'un qu'elles ont lancé à l'immortalité; tandis qu'il n'est pas un coup de fouet du sage, qui n'ait profité à la science, et je dirai même à l'humanité, laquelle n'est que la science bien intentionnée dans ses applications.

§ IV. *Modifications apportées à l'enseignement classique de la chimie organique.*

816. Tandis que les sociétés savantes, ces graves courtisanes de la puissance d'ici-bas, se montraient rétives à la réforme, elles ne laissaient pas que de la subir, quoiqu'à contre-cœur et sans en faire l'aveu. Le professeur faisait passer les nouvelles idées dans ses leçons orales et écrites, sauf à saisir la première occasion plus ou moins favorable de faire expier à l'auteur les irréparables instants que ces travaux ravissaient au sommeil académique. Le physiologiste, qui jusque-là avait pris des globules pour des trous, les tissus pour une écume, les organes pour des cristaux, et les cristaux pour des organes, le physiologiste trouvait bientôt un tout petit végétal, qui lui révélait, à lui seul, sur l'espace d'un millimètre, et dans un instant, toute la théorie qu'il avait cherché à étouffer, pendant tant d'années; six planches *in-folio* suffisaient à peine à mettre alors la théorie dans tout son jour. Le chimiste, qui jusque-là avait relégué ces sortes de travaux dans le vil domaine du physiologiste, avait grand soin de supprimer, à chaque édition de son ouvrage classique et universitaire, un chapitre malencontreux

dont dès lors il était défendu de parler. Et après qu'ils eurent reculé jusqu'au point tracé par la nouvelle méthode, et qu'ils furent sûrs que pour le moment ils pouvaient se reposer, sans trop de crainte, ils s'écrièrent que, nonobstant cela, ils ne possédaient pas un bon *système de chimie organique*, se condamnant ainsi en masse, afin de mieux en condamner un seul.

Laissons-les continuer d'agir de la sorte, et passons en revue les progrès qu'ils ont faits dans leurs récentes éditions. Non pas que nous ayons la prétention d'examiner successivement les productions professorales, qui ne sont que des copies plus ou moins altérées les unes des autres; nous avons un meilleur emploi à faire de notre temps; nous nous arrêterons aux trois seulement qui offrent une forme et une distribution différente.

817. Première classification de Thénard. « L'auteur, disions-nous dans la première édition de notre ouvrage, a divisé la chimie organique en deux grandes sections, l'une consacrée à la chimie végétale et l'autre à la chimie animale. Cette distinction, excellente pour la physiologie qui s'occupe exclusivement des fonctions, ne saurait être, dans l'état actuel de la science qui analyse les molécules, qu'un vague pressentiment, sur lequel on ne peut rien fonder de solide; aussi est-on tombé par là dans l'absurde nécessité de séparer les choses les plus analogues, et de réunir les plus disparates. Quelle différence essentielle établir en effet entre les huiles végétales et les huiles animales, entre les résines végétales et la résine de la bile, entre l'albumine végétale et l'albumine animale? et quelle définition distinctive peut-on nous donner de la substance animale et de la substance végétale? Dira-t-on encore que celle-là est azotée et que l'autre ne l'est pas? mais le gluten qui est végétal est azoté, et la graisse qui est animale ne l'est pas; du reste, des mélanges ammoniacaux peuvent à l'analyse (288) simuler des substances dites azotées; il faudra donc en venir à dire que l'une est tirée du règne végétal et l'autre du règne animal; mais ce n'est plus la chimie qui nous fournit les éléments de cette distinction, c'est la botanique et la zoologie. »

818. « Thénard divise les matières végétales neutres, en substances, chez lesquelles l'hydrogène et l'oxygène sont dans les proportions nécessaires pour former de l'eau (gomme, sucre, etc.), et en substances chez lesquelles l'hydrogène est en excès. Mais bientôt on le voit placer, dans ces dernières, les gommes-résines qui participent des deux divisions. Observez encore qu'en se fondant, pour classer les corps, sur les résultats de l'analyse élémentaire, il faudrait séparer les huiles essentielles en deux ordres distincts : les unes privées totalement d'oxygène, et les autres en possédant une quantité notable. Nous voyons, dans les substances animales, des matières liquides, et des matières molles ou solides; et, dans le chapitre des liqueurs des sécrétions, nous trouvons la lymphe, le lait, la liqueur spermatique, la bile qui renferment des matières molles, et aussi molles, quoique plus divisées, que la matière cérébrale. Le sang se trouve dans une section séparée de la lymphe. Les corps gras neutres se trouvent à une distance immense des corps gras acides, qui n'en sont qu'une transformation et sans doute qu'un mélange. La fibrine, l'albumine et la matière caséeuse, sont à une égale distance du sang, du mucus animal et du lait. Enfin des chapitres rejetés tantôt à la fin, tantôt au commencement, renferment pêle-mêle tout ce que l'arbitraire n'a pu faire entrer dans un cadre aussi large et aussi complaisant. »

819. La critique n'a pas été tout à fait perdue, et le rédacteur de la sixième édition de cet ouvrage universitaire, laquelle a paru en 1835, a refondu en entier cette partie du traité, d'après quelques-uns de nos avertissements. Quoique la sixième édition ne possède de Thénard que le nom, qui lui sert d'égide, et que les hautes fonctions du pair de France aient laissé, à l'académicien et au membre du conseil royal de l'instruction publique, peu de temps pour surveiller la rédaction, dont l'illustre auteur s'est constitué avec tant de modestie l'éditeur responsable, quoiqu'à ce titre il nous fût permis d'attacher peu d'importance à l'examen du travail, cependant, comme le privilége universitaire poursuit le livre à l'infini, dans toutes les modifications qu'il serait dans le cas de recevoir, nous ne saurions nous dispenser de lui continuer notre critique.

820. Au retour fréquent des citations, on devine, sans crainte de se tromper, le nom de celui qui a été chargé de la dictée, et le nom de ses principaux amis; ces noms indiquent d'avance l'esprit et la bonne foi de la rédaction de l'ouvrage.

Quant à l'exécution, on a abandonné 1° la grande distinction de la chimie organique en chimie végétale et chimie animale; 2° la division secondaire, en substances, chez lesquelles l'hydrogène et l'oxygène sont dans les proportions nécessaires pour former de l'eau, et en substances chez lesquelles

l'hydrogène est en excès, division qui se représente dans les sous sections, comme en se glissant et peu assurée d'elle-même. Mais, malgré tout le dédain avec lequel on reléguait (806) un certain ordre de faits dans le domaine de la physiologie, les rédacteurs, après avoir consacré tout le quatrième volume à l'étude des diverses substances végétales et animales, ont abordé, dans le cinquième volume, l'étude physiologique de ces corps, en deux livres, dont l'un est consacré à la *physiologie chimique végétale*, et l'autre à la *physiologie chimique animale*. Or, si la physiologie est une science tout à fait étrangère à la chimie organique, pourquoi l'ont-ils abordée? si ces deux sciences ont le même objet pour étude, pourquoi les ont-ils séparées? A ce sujet ils ont jugé à propos de garder le plus profond silence; ils n'ont pas même pris la peine de définir la chimie et la physiologie. Si on leur demandait : pourquoi placez-vous l'étude des semences dans la physiologie? ils répondraient sans doute : parce que ce sont des organes ; mais alors pourquoi placer l'amidon et le ligneux qui ne se composent que d'organes, dans la chimie? est-ce parce que ces organes sont tout petits? mais il est, dans la nature, des graines et des œufs qui sont encore plus petits que des grains de fécule. Pourquoi reléguer la fermentation dans la physiologie, et chercher à expliquer l'origine du vin et de l'alcool dans la chimie? pourquoi s'occuper du ligneux dans la chimie, et ensuite du bois dans la physiologie? pourquoi de la fibrine et de la matière colorante du sang dans la chimie, et puis du sang dans la physiologie? du caséum dans l'une et du lait dans l'autre? le Janus aux deux faces n'est pas l'emblème de l'étude de la nature; ce n'est pas là un mode bon ou mauvais de classement, c'est un simple déclassement.

821. Dans la chimie, la division en substances azotées et non azotées joue un très-grand rôle; mais la gomme, qui est azotée, ne s'en trouve pas moins accolée à l'amidon, qui ne l'est pas. Puis viennent, en forme d'axiome, les idées théoriques de Dumas, et ces idées se traduisent en termes grecs, selon l'usage. Nous y trouvons l'uréthane, pour désigner un éther, parce que Dumas pense que cet éther est un carbonate anhydre d'ammoniaque et de gaz oléifiant, vu que la formule de sa composition élémentaire, obtenue en vertu du jeu de plume, dont nous avons déjà parlé (801), étant $= C^6\ Az\ H^7\ O^2$, peut être représentée, en vertu d'un autre jeu de plume, par l'une ou l'autre des formules suivantes :

$$(C^2\ O^2,\ C^8\ H^8,\ H^2\ O) + (C^2\ Az^2\ H^4\ O),$$
$$(C^2\ O^2,\ C^8\ H^8) + (C^2\ O^2,\ Az^2\ H^2).$$

Puis vient la méthylène, qui serait en français l'esprit de bois, et qui a ses carbonates, ses sulfates, ses azotates de méthyléne, ou de bicarbure d'hydrogène C H.

Puis les amides qui renferment l'urée et un oxalate pyrogéné d'ammoniaque; le mercaptan ou mélange d'eau, d'acide sulfurique et d'alcool; tous noms qui ne rachètent certainement pas leur insignifiance, par le mérite de l'euphonie.

Les acides organiques et les prétendues bases salifiables ont conservé leur ancien rang et leurs anciennes dénominations, et se trouvent en tête de cette classification, ou plutôt de ce catalogue chimique; car nulle dichotomie générale n'est là pour donner, à ce recueil de faits, la physionomie d'un système philosophique.

822. Despretz, en 1830, a pris une marche toute différente. Entraîné par l'exemple, il a arrangé la chimie organique en *Familles naturelles* (*), comme Beudant l'avait déjà fait pour les minéraux. On conçoit qu'on distribue les végétaux et les animaux en familles ; car là il y a génération, filiation, consanguinité, analogie de races ; mais quand il s'agit de molécules brutes et privées de la vie, dont l'analogie tout entière réside dans les réactions, les idées se heurtent, et les mots hurleraient de se trouver ensemble, si le mot *famille* ne revenait pas exactement à celui de *classe*, qu'on employait avant nous. Ainsi ce mode de classification ne diffère que dans les termes, et son air de nouveauté tient absolument à la facilité avec laquelle nous nous payons de mots. Quant au mérite intrinsèque de la classification adoptée par Despretz, il est évident qu'il n'efface pas celui de la classification de Thénard. Des chapitres décorés du nom de famille, mais qu'aucun lien ne vient réunir et coordonner, sont là comme autant de pièces de marqueterie, par la seule raison qu'on les y a mises. Quant aux espèces que l'on trouve réunies dans les divers chapitres, l'auteur évidemment ne semble pas s'être

(*) C'est à Adanson qu'appartient la gloire d'avoir classé les plantes par familles, d'après l'idée de Magnol de Montpellier. Les *familles des plantes* du premier auteur sont un monument immortel d'érudition et de philosophie. Après la mort de ce grand homme, A. L. de Jussieu, par une méthode fort naturelle du reste, eut le bonheur de voir passer la gloire de l'invention d'Adanson dans sa famille; et c'est depuis cette époque qu'il devint en France de mode de mettre tout en *familles naturelles*, tout jusqu'aux minéraux. (*Voy. Nouv. syst. de physiologie végétale*, etc., § 1847 et 1848.)

beaucoup mis en peine pour en saisir les rapports ; le tannin est à côté du sucre de réglisse ; l'urée est à côté de la caséine, de la matière glutineuse de l'indigo ; la fibrine bien loin de l'albumine et séparés du sang par les alcalis végétaux ; enfin la *cire verte des feuilles*, à 50 pages de la *chlorophylle*, qui n'en diffère que par le mot. Il faut avouer que la *fraternité* n'est pas la vertu distinctive de ces sortes de familles.

823 Berzélius a conservé la distinction de substances végétales et animales, mais sans adopter aucune classification dichotomique ou par familles. Dans la *Chimie végétale*, qui a paru dernièrement en France, on voit, à la suite les uns des autres, les acides végétaux, les alcalis végétaux, l'amidon, les gommes, les sucres, le gluten, les huiles grasses et volatiles, les résines, les extraits, les matières colorantes, et ensuite l'analyse des organes des plantes d'après l'ordre botanique (*racines*, *tiges*, *feuilles*, *fleurs*, *fruits*); le tout terminé par l'exposé des produits de la décomposition des plantes. Ce n'est ni un système, ni une classification, mais une table de matières volumineuse. Au reste, avec l'espèce de dédain que Berzélius professe pour les résultats obtenus par l'alliance de la physiologie à la chimie, le parti que ce savant suédois a pris était le plus sage. Il est à regretter seulement que la rédaction d'aussi vastes matériaux puisés dans une bibliothèque spéciale, que cette rédaction, dis-je, soit un peu rapide et entassée, et que l'auteur, pressé par le temps sans doute, ait été obligé de nous transmettre de longs extraits, au lieu d'analyses substantielles. Du reste ces deux volumes sont un répertoire utile de faits publiés dans le monde savant, mais dans le cercle exclusif de la chimie en grand.

824. A la lecture du *Traité de chimie de Berzélius* et de ses *comptes rendus annuels*, les Français remarquent que l'auteur s'en rapporte, sur la valeur des chimistes de notre patrie, à quelques individus, qui, chaque année, ont mission d'aller dans les régions lointaines établir, de ville en ville, le tarif des réputations de notre climat. On voit l'auteur, en effet, citer mainte et mainte fois, comme des autorités de bon aloi, des noms qui chez nous n'offrent pas l'ombre d'une garantie, et enregistrer comme des moyennes déduites d'une série d'expériences sagement dirigées, des nombres obtenus, dans le cabinet, en prenant la moyenne des nombres déjà publiés dans les livres; enfin, les *comptes rendus* de Berzélius sont bien inférieurs encore en prudence aux *comptes rendus* de notre Académie des sciences, dans lesquels on n'oserait pas faire entrer en ligne de compte les travaux enregistrés par l'auteur suédois. Il est inutile de faire observer que nous n'exerçons pas plus ici des représailles, contre l'académicien de Stockholm, que contre les académiciens de Paris, et que nous n'avons rien moins que l'intention de nous venger du silence que ces messieurs ne rompent à notre égard, que pour se permettre des malices bien innocentes du reste, et que nous leur payons à l'échéance, en assez beaux écus *au soleil*. Nous les invitons à nous continuer la faveur d'une exclusion qui nous honore, et à ne jamais nous placer dans le cortége de leurs autorités; nous ne croyons pas nous exposer en France à être démentis, en assurant que nous nous y trouverions en trop mauvaise compagnie ; c'est aujourd'hui un fait démontré.

825. Il ne faudrait pas croire cependant que les maîtres indigènes ou étrangers restent sourds aux avertissements de la nouvelle méthode ; depuis dix ans ils ont eu de fréquentes occasions d'en profiter ; seulement au lieu de suivre franchement l'impulsion donnée, ils se laissent un peu trop traîner à la remorque; ils n'adoptent une vérité nouvelle que lorsqu'il ne leur est plus permis décemment de la répudier; et c'est le public et ce sont les élèves qui se chargent ainsi de dicter au maître la leçon qu'ils attendent de lui; d'où il advient que la leçon se donne d'assez mauvaise grâce; car les disciples, dans leurs *mémoires sur des sujets spéciaux*, s'empressent, depuis dix ans, de revenir sur bien des choses, de passer condamnation sur bien des doctrines universitaires, et laissent là les méthodes d'observation, dont ils n'ont pas tardé à reconnaître les faux pas. La science rentre dans une voie toute nouvelle; pardonnons un peu d'humeur à ceux qui se trouvaient si bien dans l'ancienne ; et n'exigeons pas du vieillard, qu'il s'accommode, avec gaieté de cœur, des allures de la génération qui lui succède et qui le devance. Nous aurons notre retour nous aussi, prenons dès à présent le parti de ne pas nous montrer plus quinteux que nos pères.

§ V. *Exposition du nouveau système de chimie organique, qui sert de base à la classification.*

826. La théorie s'attache à se représenter les lois d'où découlent les phénomènes; le système au contraire s'arrête aux rapports qui lient les faits

entre eux, et qui servent à les classer de la manière la plus utile à la mémoire et la plus favorable à d'ultérieures observations.

827. Le mérite d'une théorie et d'un système n'est pas de se fonder sur des bases impérissables, mais d'avoir tracé la route qui se prête le mieux à la recherche des vérités inconnues. La prétention d'avoir créé une théorie invariable et d'avoir stéréotypé, pour ainsi dire, un système, équivaudrait à la prétention de tout connaître, de tout savoir, et de n'avoir plus rien à apprendre. L'homme, dès le premier pas qu'il fait dans la vie, marche vers la vérité qui l'appelle à soi d'une voix irrésistible, tout en se cachant derrière le voile des illusions. La logique a la puissance de nous diriger vers elle, en nous apprenant à distinguer sa voix, à travers celle des échos qui nous trompent; mais la mort seule peut déchirer ce voile qui la dérobe à nos regards, dès qu'elle cesse de parler à notre conscience. Tant que notre âme sera emprisonnée dans ses grossières enveloppes, nous ne saurons donc avoir d'autre prétention que de nous orienter à chaque instant sur la route; de trouver la position nécessaire, pour avoir l'œil tourné sans cesse vers la région du vrai; de classer les notions acquises, afin de les faire servir plus vite à de nouvelles acquisitions; de mesurer l'étendue de ce qui nous reste à connaître, en continuant, par la pensée, la progression qu'établissent les faits observés; de préluder enfin à la possession de la vérité tout entière, par des théories qui lui rendent hommage, en progressant avec les recherches et les faits. La science ici-bas est un culte, dont le dieu ne se révèle à nous que sous les traits de ces idoles, qui changent d'insignes, à mesure que la civilisation perfectionne ses goûts.

828. La meilleure théorie, nous le répétons, n'est donc pas la plus durable, mais celle qui mène le plus vite à son remplacement, celle qui engendre le plus vite; et pour elle, comme pour certains insectes, engendrer, c'est périr.

829. Le caractère d'un système rationnel et conséquent, c'est qu'il permette de rattacher les faits à plus de points de contact, de les mettre en rapport avec plus de sciences, qu'il n'ait rien d'exclusif et de contradictoire, rien qui soit en opposition avec les lois invoquées par les autres sciences; c'est enfin qu'il ne forme pas un tout isolé dans la nature, mais une fraction qui tienne aux autres par des nuances et non par des lignes de démarcation, par des transitions graduées et non par des murs de séparation. La science doit être un cercle, où les systèmes tournent, à la circonférence, autour du centre commun, qui est la nature en elle-même, et la vérité par rapport à nous. Tout système qui tourne entre un commencement et une fin serait absurde; car il aurait la prétention de lier des phénomènes, sans tenir à rien. Nous n'osons nous flatter que d'avoir préparé de fort loin un semblable système, par celui que nous allons exposer.

830. L'analyse élémentaire démontre que tout organe végétal ou animal se résout, par le feu, en gaz d'un côté, et de l'autre en cendres terreuses. Les gaz sont l'oxygène, l'hydrogène, le carbone combiné avec l'un ou l'autre, et l'azote, qui manque fréquemment, et qui n'entre pas, comme un élément indispensable, dans la structure d'un organe. Mais l'analyse démontre en même temps que la plupart des substances inorganiques et cristallisées donnent au feu les mêmes produits, et que les carbonates hydratés se séparent alors en deux portions, dont l'une terreuse et basique, et l'autre se composant d'acide carbonique et d'eau, c'est-à-dire de carbone, d'hydrogène et d'oxygène. Chimiquement, les substances organisées ne diffèrent donc pas des substances inorganiques; mais remarquez que la chimie désorganise, et qu'ainsi la phrase précédente équivaut à celle-ci : les substances organisées ne diffèrent pas des substances inorganiques, une fois qu'elles ont été désorganisées. La différence des deux règnes doit donc être recherchée avant toute désorganisation; et dans ce but, la chimie doit s'identifier et se confondre avec la physiologie et l'anatomie.

831. Or, la physiologie nous apprend que certaines substances organiques, qui, par la décomposition élémentaire, se résolvent en bases, en gaz acide carbonique et en eau, sont des organes vésiculaires, qui croissent et enfantent dans leur sein d'autres organes de même structure et de même aptitude (*), et cela par un mécanisme qui est susceptible de se reproduire simultanément et à l'infini. D'un autre côté, la cristallographie constate que le gaz acide carbonique et l'eau, en s'unissant à une base terreuse sous forme cristalline, ne s'accroît en surface qu'à l'aide de juxtapositions successives et bout à bout, que l'instrument tranchant peut isoler par le clivage; tandis que les fractions des organes ne sont susceptibles de l'être que par le déchirement.

832. La différence essentielle qui existe, entre

(*) Voy. *Nouv. syst. de physiologie végét. et de botanique*, 485.

les substances inorganiques et les substances organiques, c'est que les gaz et les bases cristallisent pour former les premières, et qu'ils s'organisent pour former les secondes. L'organisation est donc une cristallisation vésiculaire ; et dès que les substances élémentaires se sont combinées sous cette forme, elles acquièrent une propriété distincte et spéciale, qui, à elle seule, constitue un nouveau règne, celui de la vie, qui est la loi du développement. Cherchons à nous faire une idée de la marche que suit la nature, pour arriver à organiser des éléments, qui cristallisent, lorsqu'ils sont soumis à d'autres lois.

835. Que l'on prenne un organe tellement simple et si bien isolé, qu'on soit en droit, après quelques lavages, de le considérer comme réduit aux parois qui constituent son organisation, des fibrilles de coton, par exemple (*) (pl. 2. fig. 11), que l'on aura laissées séjourner préalablement, d'abord dans l'acide hydrochlorique, assez étendu d'eau pour ne point désorganiser la substance, et pour ne faire que lui enlever les sels calcaires, dont ses parois seraient dans le cas d'être imprégnées, et ensuite dans l'eau distillée, dans le but de laver ces parois, et de l'acide, et de la gomme soluble qu'elles renfermaient primitivement dans leur capacité tubulaire. Que l'on approche l'une de ces fibrilles de la portion blanche de la flamme d'une chandelle, elle s'incinérera, et dans la cendre on trouvera presque en totalité la chaux (692); on aura ainsi éliminé toute la partie que nous sommes convenus d'appeler *organique*. Que d'un autre côté on dépose une certaine quantité de ces fibrilles de coton ainsi préparées dans l'acide sulfurique concentré, elles s'y dissoudront comme de la graisse dans l'éther. Une fois que les fibrilles auront fondu dans l'acide, qu'on étende d'eau distillée la dissolution, on observera qu'une goutte de liquide laisse, en s'évaporant sur le porte-objet du microscope, des aiguilles de sulfate de chaux. Que l'on sature alors l'acide par du carbonate de chaux pur, par la plus belle craie ordinaire ; que l'on décante la portion liquide après complète saturation de l'acide, et après l'avoir laissée en contact un ou deux jours avec le carbonate en excès. On obtiendra, par évaporation au bain-marie, une substance gommeuse : que dis-je ? la gomme avec tous les caractères qui la caractérisent essentiellement. La paroi végétale se compose donc chimiquement d'une portion gommeuse et d'une portion terreuse, si intimement combinées ensemble, que les réactifs ne peuvent les désunir, qu'en désorganisant le tissu.

834. Les grains de féeule, qui sont des organes isolés ; la moelle, qui ne se compose que de cellules ligneuses (**) vidées de toute substance étrangère à leur tissu ; enfin tous les organes végétaux qui ont acquis une consistance ligneuse, et qui tous alors sont réduits aux parois de leurs vésicules accolées ensemble, offrent les mêmes phénomènes, dans cette expérience, et présentent à l'analyse la même composition ; ils résultent tous d'une association intime de bases terreuses et de gomme.

835. Or, la gomme peut être représentée comme une combinaison d'une portion en poids de carbone et d'une portion d'eau. La paroi des cellules végétales et organes vasculaires, résulte donc de l'association organisée d'une base terreuse avec le carbone et l'eau.

836. Dans le règne animal, on rencontre, presque tout autant que dans le règne végétal, des tissus, dont la charpente offre à l'analyse les mêmes éléments et les mêmes proportions, que ceux dont nous venons de parler ; de ce nombre sont spécialement les élytres des insectes.

837. Mais, dans l'un et dans l'autre règne, il se présente un bien plus grand nombre peut-être de substances, qui donnent à l'analyse de l'azote, outre les trois espèces de gaz ci-dessus. On en a conclu, sans autre considération, que ces substances étaient des composés quaternaires d'oxygène, d'hydrogène, de carbone et d'azote, composés que l'on avait même désignés, dans le principe, sous le nom de substances animales ou substances azotées, dans la persuasion, où l'on était, que les substances autrement organisées formaient l'exception dans le

(*) Chaque fibrille de coton est un tube d'abord cylindrique et turgescent, qui s'aplatit, en s'épuisant des sucs qu'il recelait dans le principe. Sa structure est exactement le même que celle des poils de graminées.

(**) Etendez, sur une lame de verre, un fragment d'épiderme, que vous aurez préalablement lavé de la manière ci-dessus ; étudiez et mesurez-en la structure au microscope ; exposez ensuite cette lame à l'action des charbons incandescents jusqu'à complète incinération (749) ; observé de nouveau au microscope, le tissu semblera avoir resisté à l'action dévorante du feu, tant la réticulation de ses mailles aura conservé son aspect et ses dimensions ; et cependant une goutte d'acide étendu suffira pour démontrer à l'observateur, qu'il n'a sous les yeux que des cendres.

règne animal et la règle dans le règne végétal. Les corporations universitaires, en effet, qui ne manquent jamais d'accabler de leur proscription les théories qui naissent du dehors, ne se montrent rien moins que difficiles sur l'adoption des théories qui émanent de l'un de leurs membres; il eût été heureux, pour l'étude de la chimie organique, que la théorie des composés ternaires et quaternaires, et de la distinction en substances animales et végétales, fût venue du dehors; elle n'eût pas entravé d'un jour la marche de la science. Comment, en effet, eût-on adopté la distinction en substances animales et substances végétales, alors qu'on aurait eu sous les yeux l'analyse des tissus glutineux et jeunes des végétaux, qui sont aussi azotés que l'albumine animale et que les tissus les plus azotés des animaux? Quant à la distinction en substances ternaires et substances quaternaires, elle était fondée sur le fait de la désorganisation; c'est à ce fait qu'il fallait s'arrêter, et ne la donner que comme un résultat de l'analyse, sans chercher à expliquer, par le phénomène de la désorganisation, l'organisation elle-même. Une simple idée était dans le cas de renverser l'échafaudage de la théorie; et ce qui nous a toujours paru inexplicable, c'est que cette idée ne soit jamais venue à l'esprit d'aucun chimiste; elle ne date que de nos premiers travaux. La voici : Ne pourrait-il pas se faire que l'azote, que l'analyse élimine des substances dites *animales*, *azotées* ou *quaternaires*, provînt de l'azote de l'air que les tissus renferment en si grande quantité pendant leur vie, et qu'ils emprisonnent et retiennent avec tant de ténacité après leur dessiccation? ou bien que l'azote provînt de la décomposition de l'ammoniaque libre ou combiné, dont le tissu serait imprégné ou incrusté? Si cela est possible, toute la théorie tombe par ce seul fait.

838. Or, la première hypothèse se démontre aisément; nous prendrons pour exemple le gluten de la farine, substance éminemment azotée et animale. Le gluten s'isole de la fécule par la malaxation : on fait une pâte, en pétrissant la farine avec de l'eau, et quand la pâte a acquis une certaine consistance, on la place sous un filet d'eau, en continuant de la presser entre les deux mains, jusqu'à ce que l'eau ne passe plus laiteuse. Il reste alors une masse élastique, ductile et collante. Or, comment croire, sans parler de l'air que le gluten avait emprunté à la végétation, comment croire qu'il n'en ait point emprisonné, dans ses mailles factices, une quantité considérable, alors que tant de fois la traction et la pression en ont déchiré et soudé la substance. Du reste, on s'assurera du fait sous la machine pneumatique, en recouvrant la masse glutineuse avec du mercure; il faudra, en effet, plus d'un coup de piston pour qu'il cesse de se dégager des bulles gazeuses à travers le bain métallique. Ce n'est pas, il est vrai, sous cette forme que l'on soumet le gluten à l'analyse élémentaire (224); c'est à l'état d'une complète dessiccation, et après l'avoir pulvérisé. Mais la machine pneumatique servira également alors à démontrer la présence de l'air dans la substance desséchée ou réduite en poudre, si on a soin, comme dans le premier cas, de recouvrir la masse poudreuse d'un bain de mercure, dans un vase à goulot très-étroit, ou bien dans un sachet, que l'on tiendra plongé sous le mercure.

839. Nous avouerons que cette quantité d'air, renfermée artificiellement dans un tissu organisé, ne représente pas, dans tous les cas, toute la quantité d'azote que dégage l'analyse élémentaire; mais enfin elle y entre pour une portion, dont on n'a nullement tenu compte. Passons à la seconde hypothèse, qui joue le rôle principal dans notre explication. Quelle différence signalerait l'analyse élémentaire, entre ce que l'ancienne chimie désignait sous le nom de substances quaternaires et azotées, et une substance ternaire que l'on aurait préalablement imprégnée d'un sel ammoniacal? Aucune; et avant tout avertissement, le chimiste ne manquerait pas de ranger cette dernière au rang des premières, sur la foi de la décomposition par le feu. Car l'ammoniaque se décompose en azote et en hydrogène, lorsqu'elle est en contact avec les charbons incandescents, et surtout quand elle est en contact avec certains métaux (266); dans l'hypothèse d'un mélange d'une substance dite ternaire avec un sel ammoniacal, l'hydrogène de l'ammoniaque ira grossir la quantité d'hydrogène provenant du fait du tissu organique lui-même, et l'azote de l'ammoniaque s'isolera sous forme d'un quatrième élément de la substance organisée. La chimie n'était donc nullement fondée à diviser les substances organiques, en substances ternaires et substances quaternaires, en substances non azotées et substances azotées, en substances végétales, enfin, et substances animales, à cause de la différence qu'elle observait entre les produits gazeux de la décomposition élémentaire des unes et des autres.

840. Mais le fait n'est pas seulement possible, il est réel. La gomme arabique est imprégnée d'une quantité considérable d'ammoniaque, que

l'or reconnaît aux papiers réactifs en carbonisant la substance, et qui échappe à l'analyse, lorsque celle-ci cherche à recueillir les produits en l'incinérant; ce qui certainement ne milite pas en l'honneur de l'analyse élémentaire. L'eau distillée, dans laquelle on a laissé séjourner plus ou moins longtemps de l'albumine, ou du gluten, ou toute autre substance dite animale, couvre le porte-objet, en s'évaporant spontanément, de magnifiques arborisations (pl. 8, fig. 12 *dd'*), que les réactifs démontrent appartenir, dans le plus grand nombre de cas, à l'hydrochlorate d'ammoniaque.

841. Qu'on abandonne à l'air un mélange de sucre et d'huile ordinaire, le mélange, au bout de trois ou quatre semaines, ne tardera pas à prendre une consistance glutineuse. Que l'on dépose une certaine quantité de ce gluten dans l'ammoniaque liquide; une portion se dissoudra dans le menstrue, pour s'en déposer, par évaporation, sous forme de globes oléagineux de divers diamètres, et parfaitement bien isolés; mais une autre portion bien plus considérable restera insoluble au fond du vase, même après un fort long séjour. Cette masse, retirée de l'ammoniaque, et après l'évaporisation du menstrue, offrira tous les caractères du gluten retiré de la farine par la malaxation manuelle, tous, jusqu'à son odeur caractéristique; elle ne se prendra pas aux doigts; elle ne fera, au contraire, qu'acquérir, roulée entre les mains, une élasticité plus consistante. Abandonnée dans l'eau distillée pendant vingt-quatre heures, elle ne se sera pas départie de la moindre parcelle d'alcalinité, et les papiers réactifs n'en révéleront pas la moindre trace, après le contact le plus prolongé. Mais il suffira de chauffer la substance sur une lame de verre, au moyen des rayons solaires concentrés par une lentille, pour en dégager des vapeurs ammoniacales reconnaissables instantanément aux papiers réactifs. Voilà donc une substance azotée, aussi bien caractérisée que le gluten de la farine, et que pourtant l'on a formée de toutes pièces, par la simple imprégnation d'un mélange de sucre et d'huile (deux substances entièrement dépourvues d'azote), avec de l'ammoniaque liquide. Que serait-ce si, au lieu d'ammoniaque, on avait imprégné le mélange avec un sel neutre ammoniacal?

842. L'explication que nous donnons sur l'origine de l'azote, dans l'analyse des substances dites azotées, est donc rationnelle; elle est fondée sur des expériences probantes. L'explication contraire ne découlait d'aucune induction; c'était une assertion gratuite, et non la conséquence d'un raisonnement; c'était une opinion improvisée et non une théorie. Les considérations, dans lesquelles nous venons d'entrer, alors même qu'elles ne seraient pas acceptées comme les éléments définitifs d'une démonstration, mais comme les bases d'un doute philosophique, c'est-à-dire d'une théorie ordinaire; ces considérations, dis-je, ne permettent plus d'attacher une valeur quelconque à l'ancienne distinction.

843. Les nombres fournis par l'analyse élémentaire des chimistes, bien loin d'infirmer notre hypothèse, se prêtent au contraire admirablement à ses combinaisons. En combinant, en effet, entre eux et de diverses manières, les nombres proportionnels des quatre éléments gazeux, que l'analyse élémentaire recueille de la combustion des substances dites azotées, on arrivera facilement à se les représenter, comme un mélange d'une substance organique non azotée, et composée, comme la gomme, de carbone et d'eau, plus d'ammoniaque, plus d'on peu d'hydrogène bi ou protocarboné. Nous allons présenter, dans les tableaux ci-dessous, un essai de ces sortes de combinaisons théoriques, pris sur les analyses de la gélatine, de la fibrine et de l'albumine, telles que les a publiées Gay-Lussac. La première colonne renferme les nombres de l'analyse élémentaire, dépouillés de leurs fraction, pour la facilité du calcul (257); la deuxième, les quantités à prendre sur chacun de ces nombres pour représenter, en se combinant, l'eau, l'ammoniaque et l'hydrogène bicarboné, dont les proportions se lisent dans la troisième colonne.

844. GÉLATINE d'après GAY-LUSSAC.

CARBONE.	OXYGÈNE.	HYDROGÈNE.	AZOTE.
47,881	27.207	7,924	16,988

	COMBINAISONS DE CES NOMBRES.		
Carbone.	48	41,57	41,57 carbone.
Oxygène.	27	27,00	30,36 eau.
Hydrogène.	3	3,36	
		3,59	20,59 ammon.
Azote.	17	17,00	
Reste : Hydrog.		1,05	7,48 hydrogène bicarb. (*).
— Carbon.		6,43	
TOTAUX.	100	100,00	100,00

(*) Ou bien, en supposant que cet hydrogène existe dans la

845. ALBUMINE d'après GAY-LUSSAC.

CARBONE.	OXYGÈNE.	HYDROGÈNE.	AZOTE.
52,883	23,872	7,540	15,705

COMBINAISONS DE CES NOMBRES.

Carbone.	53	41,73	41,73 carbone.
Oxygène.	24	24,00	26,99 eau.
Hydrogène.	8	2,99	
		3,17	18,17 ammon.
Azote.	15	15,00	
Reste : Hydrog.		1,84	13,11 hydrogène bicarb. (*).
— Carbon.		11,27	
TOTAUX.	100	100,00	100,00

846. FIBRINE d'après GAY-LUSSAC.

CARBONE.	OXYGÈNE.	HYDROGÈNE.	AZOTE.
53,360	19,685	7,021	19,934

COMBINAISONS DE CES NOMBRES.

Carbone.	53	51,29	51,29 carbone.
Oxygène.	20	20,00	22,49 eau.
Hydrogène.	7	2,49	
		4,23	24,23 ammon.
Azote.	20	20,00	
Reste : Hydrog		0,28	1,99 hydrogène bicarb. (**).
— Carbon.		1,71	
TOTAUX.	100	100,00	100,00

847. Il serait plus que téméraire de vouloir soutenir que les choses se passent, dans l'organisation de ces substances, exactement comme sembleraient l'indiquer ces nombres. Il nous suffit d'avoir démontré, qu'en employant tout l'azote pour en former de l'ammoniaque, il resterait encore assez d'hydrogène pour transformer tout l'oxygène en eau, le surplus d'hydrogène pouvant être considéré comme formant, avec une certaine portion de carbone, de l'hydrogène proto ou bicarboné. On pourrait varier ces combinaisons de nombres de plusieurs manières tout aussi satisfaisantes; ainsi au lieu de supposer que, dans la gélatine, 41 de carbone soient associés à 50 d'eau pour former la molécule organique, on pourrait supposer qu'une certaine quantité de carbone est combinée avec une partie de l'oxygène et avec l'hydrogène restant, pour former un acide qui saturerait l'ammoniaque. Et ici nous adoptons l'analyse aussi incomplète que le sont toutes les analyses élémentaires, c'est-à-dire sans tenir compte de l'étude des cendres; car il est probable, qu'en introduisant cette donnée dans le calcul, on arriverait à reconnaître sous quelle forme saline l'ammoniaque entrait dans le mélange, que l'analyse élémentaire assimile à un principe immédiat. Supposez, en effet, que l'ammoniaque existe dans un mélange à l'état de phosphate; par l'action de l'élimination du feu, l'ammoniaque se décomposera en hydrogène et en azote, et l'acide phosphorique se reportera sur les carbonates terreux produits par l'incinération; il arrivera de cette manière que les cendres retiendront une moitié d'un sel, dont l'analyse élémentaire s'occupera de recueillir l'autre, sans se douter de son origine.

848. Or, depuis la publication de nos idées sur cette matière, les chimistes sont tombés d'accord que l'analyse des substances azotées ci-dessus ne représente nullement l'organisation de ces substances. On a reconnu avec nous que l'albumine de l'œuf, étant destinée à l'élaboration du *vitellus*, devait nécessairement être un tissu organisé, et partant un mélange de divers sels et de diverses substances organiques renfermées dans les mailles d'un tissu; on a reconnu avec nous que le gluten, bien loin d'être une substance simple, emprisonnait, dans ses mailles artificielles, toutes les substances de la graine que la mouture avait divisées, et que la malaxation doit confondre ensemble. Et

substance, à l'état de gaz oléifiant ou hydrogène protocarboné, le carbone combiné avec 1,05 d'hydrogène serait 3,21, et le carbone combiné avec l'eau, en substance organique, serait 44,79 au lieu de 41,57.

Dans la première édition de cet ouvrage (p. 135), le calcul avait été établi d'après les nombres de l'analyse, et en conservant les décimales, dont nous croyons avoir démontré ci-dessus la peu d'importance, en fait d'analyses élémentaires; aussi, dans cette deuxième édition, prendrons-nous la parti de les négliger entièrement, comme des inutilités, qui nuisent à la clarté des rapports numériques.

(*) Ou bien, en supposant que l'hydrogène y existe à l'état d'hydrogène protocarboné ou gaz oléifiant, il se combinerait avec 5,63 de carbone pour former 7,47 de gaz oléifiant, et dès lors le carbone associé à la molécule d'eau, pour représenter la substance organique non azotée, serait 47,37.

(**) Ou bien, en supposant que l'hydrogène existe, dans cette combinaison, à l'état d'hydrogène protocarboné ou gaz oléifiant, il se combinerait avec 0,85 de carbone en 1,13 de gaz oléifiant, et dès lors le carbone, associé à la molécule d'eau pour représenter la substance organique non azotée, serait 52,15.

ceci n'est plus le résultat d'une hypothèse, c'est un fait acquis par l'observation; il est facile, en effet, de distinguer au microscope, dans le gluten le mieux malaxé, des grains d'amidon, du sucre, du son, de l'huile, des poils du péricarpe, des débris de l'embryon et même des arborisations ammoniacales. Or, la fibrine et la gélatine ne sont pas certainement des substances moins mélangées, ainsi que nous le démontrerons en leur lieu, en nous occupant de chacune d'elles.

849. Ainsi, en nous renfermant exclusivement dans les attributions de la chimie, tout nous porte à croire que l'azote des substances organisées, dites azotées, n'y entre pas comme élément quaternaire de leur combinaison, mais comme l'élément de l'ammoniaque. L'étude physiologique de l'organisation donne une plus grande importance encore à cette hypothèse, et nous semble la mettre au rang des théories les mieux accréditées.

850. Nous avons établi par l'expérience, que les tissus ligneux végétaux, et quelques tissus analogues, chez les animaux, étaient le résultat d'une combinaison intime d'une substance organique gommeuse d'un côté, et d'une base terreuse de l'autre; mais si cette base, au lieu d'être un alcali fixe, était l'alcali volatil, l'ammoniaque, substance qui dans la nature, remplace avec un égal résultat les autres alcalis, et produit des combinaisons analogues; si enfin la substance organique s'associait aussi intimement avec l'ammoniaque qu'avec la base terreuse, on aurait dès lors un tissu azoté aussi neutre que les tissus ligneux; seulement il serait plus ductile, plus filant, plus élastique, par la raison qui fait que les savons ammoniacaux sont coulants, que les savons potassiques sont mous, les savons sodiques tendres, et les savons calciques insolubles dans l'eau. L'analyse élémentaire aurait beau ranger les savons ammoniacaux au rang des substances immédiates azotées, la mémoire du chimiste ne lui permettrait pas de perdre de vue qu'il avait composé de toutes pièces ces produits, avec de l'ammoniaque et une substance organique non azotée.

851. Or, nous avons eu déjà l'occasion de composer de la sorte un tissu ammoniacal (841), qui, avant toute espèce d'avertissement, aurait été certainement rangé par l'analyste, au nombre des principes azotés les plus purs.

852. Mais si nous demandons à la physiologie les moyens d'éclairer l'histoire chimique du gluten et des substances albumineuses, nous trouverons que tous les tissus jeunes sont glutineux, filants et élastiques, et qu'à l'analyse ils donnent tous, à cette époque, de l'azote. Peu à peu, et par suite des progrès de la végétation, le tissu, sans changer de structure générale, perd sa ductilité et son élasticité primitive; il devient de plus en plus rigide et s'arrête dans son développement, une fois qu'il a contracté les caractères des tissus ligneux; à cette époque, il ne donne plus d'azote à l'analyse élémentaire; sans avoir changé de forme et d'aspect, il a cessé d'être azoté; à l'analyse, il fournit d'un côté des cendres terreuses, et de l'autre les produits ordinaires de la substance organique: carbone et eau. Ce qui reçoit l'explication la plus satisfaisante, en admettant que la substance organique, pour passer de l'état de jeunesse à son état de vieillesse, de sa ductilité primitive à la rigidité, qui en caractérise la structure en dernier lieu, enfin de la forme glutineuse à la consistance ligneuse, n'a fait que changer de base inorganique, et que remplacer par une base terreuse l'ammoniaque de son premier état, de même que le savon ammoniacal devient potassique, ou calcique, dans l'eau de potasse ou l'eau de chaux, par une espèce de double décomposition, tout à fait analogue à la double décomposition qui est la loi générale et vulgaire de la chimie des corps inorganisés.

853. En conséquence, il est permis d'admettre théoriquement que les substances organisées en tissus, qui sont dites azotées, ne diffèrent des substances organisées non azotées, que par la nature de la base inorganique qui forme un des éléments du tissu.

854. Or, nous démontrerons en leur lieu que la gluten est un tissu organisé, tout aussi bien que l'albumine de l'œuf; que la fibrine du sang est une précipitation globulaire, un commencement d'organisation; et que tous les tissus dits azotés de l'un et de l'autre règne qui ne cristallisent pas, se rangent dans la catégorie des substances glutineuses ou albumineuses; par conséquent ce que nous avons dit des unes s'applique immédiatement aux autres.

855. La paroi de tout tissu organisé peut donc être représentée par une combinaison de la substance organique, dont la gomme est le type, et d'une base inorganique; mais la gomme étant une combinaison de carbone et d'eau, s'il était permis d'appliquer, aux produits de ce règne, les formules atomistiques qui représentent si bien les faits du règne inorganisé, le tissu organisé serait représenté par la formule suivante $(C + H^2O) + \rho$,

ρ = une base inorganique, qui peut être ou la chaux, ou la soude, ou la potasse (*tissus ligneux et osseux*), ou l'ammoniaque (*tissus glutineux et albumineux*), ou le fer (*tubes de l'alcyonelle des étangs*), ou la silice (*épiderme des graminacées et enveloppes de quelques infusoires*), ou le plomb (précipité par la gomme), etc., etc., pour ne pas parler des tissus artificiels, que nous produisons dans le laboratoire, en précipitant les solutions organiques, au moyen de divers sels à base métallique.

850. La substance organique $= C + H^2 O$ a donc précédé le second état d'un développement $= (C + H^2 O) + \rho$. Le tissu ligneux et glutineux a commencé par être gomme. Nous pouvons donc distinguer deux phases différentes et successives du développement chimique, et partant deux ordres de caractères que nous aurons le droit de désigner par deux expressions différentes : SUBSTANCE ORGANISATRICE, ou élément organique des tissus ; et SUBSTANCE ORGANISÉE, ou tissu organisé, par suite de la combinaison, de plus en plus intime, de la substance organisatrice avec une base terreuse, métallique ou volatile.

857. Quant aux proportions de la combinaison, c'est ici que les formules adoptées par la chimie inorganique se trouvent complétement en défaut, que la balance et les pesées les plus exactes doivent faire place à l'étude du développement, étude progressive qui n'accepte les nombres que comme des jalons, et les poids que comme des termes arbitrairement pris sur une série croissante ou décroissante à l'infini. Qui dit développement, dit par ce seul mot toute la phase précédente. Ainsi la substance organique, pour arriver à l'état de substance organisée, s'associera chaque jour des quantités nouvelles d'une base inorganique ; et, s'il était possible de surprendre, par l'analyse élémentaire, chaque phase en particulier de ce développement progressif, on trouverait à chaque fois que la proportion de base inorganique serait plus considérable, en sorte que plus la proportion de base augmente, plus le tissu perd de son élasticité, et se rapproche de la rigidité des tissus ligneux et osseux.

858. Mais on reconnaîtra, en même temps, que la substance organique n'offre jamais, à l'analyse élémentaire, les mêmes proportions de carbone et d'eau ; la proportion d'eau étant plus considérable dans les tissus jeunes, et la proportion de carbone dans les tissus âgés, et cela par une série, décroissante pour l'eau, et croissante pour le carbone, d'une manière illimitée. Par la dessiccation elle-même, on pourra diminuer encore la proportion d'eau, jusqu'à la carbonisation complète ; en sorte que l'époque à laquelle s'arrête le chimiste, pour soumettre la substance à l'analyse élémentaire, ne doit être considéré que comme un point arbitrairement pris dans cette série (805). En conséquence, l'eau et le carbone peuvent se trouver dans la même substance, combinés dans toutes les proportions imaginables, sans que l'analyste soit capable de découvrir, à l'une de ces proportions, le moindre caractère qui la distingue de la proportion la plus éloignée. Ainsi, on peut concevoir la paroi de la vésicule organisée, comme composée de carbone uni d'abord à un nombre considérable de molécules d'eau, dont la quantité décroît et semble être remplacée par une quantité de jour en jour croissante d'une base quelconque inorganique.

859. Continuons la progression par la pensée, en remontant jusqu'à l'époque de la combinaison du carbone avec la première molécule d'eau. Tout nous atteste en physiologie que le carbone ne s'associe pas, avec la molécule aqueuse, sous la forme qu'il possède dans la nature inorganique ; rien en effet ne se combine qu'à l'état de solution ; or le carbone est insoluble dans l'eau ; il ne devient soluble et assimilable qu'une fois qu'il s'est combiné avec l'oxygène en acide carbonique, ou avec l'hydrogène à l'état d'hydrogène carboné. Mais l'acide carbonique serait vite saturé par les bases de la sève, et il n'aurait pas le temps de s'assimiler la quantité d'hydrogène nécessaire pour élever son oxygène au rang de l'eau ou des éléments de la substance organique. Il est plus rationnel de penser que la substance organisatrice s'est formée, par l'association croissante du carbone hydrogéné avec l'oxygène de l'air que les tissus déjà formés aspirent, ou avec l'oxygène des autres liquides que l'élaboration des tissus décompose ; en sorte qu'une fois sa quantité d'hydrogène combinée avec la moitié en volume d'oxygène, l'hydrogène carboné est passé à l'état de SUBSTANCE ORGANISATRICE (856).

860. Or, rien n'est plus commun que l'hydrogène carboné liquide dans les mailles des tissus organisés ; certaines huiles essentielles peuvent être considérées comme de l'hydrogène carboné pur de tout autre gaz. Et d'autres huiles essentielles qui, physiquement et physiologiquement, possèdent les mêmes caractères essentiels que les premières, fournissent à l'analyse une quantité

d'oxygène variable dans chacune d'elles, mais pas assez considérable pour représenter de l'eau avec la quantité d'hydrogène de l'huile. Cette quantité d'oxygène est déjà plus considérable dans les huiles grasses et les graisses; et chacune de ces substances exposée à l'air absorbe de plus en plus l'oxygène de l'air, remarquez bien cette circonstance, et finit par se transformer en un tissu qui, en s'imprégnant de certains sels, acquiert peu à peu tous les caractères des tissus glutineux ou albumineux (841). Ce tissu est ductile, mou, consistant, membraneux, ne tachant plus le papier après un certain séjour dans l'alcool ou dans l'éther, enfin, insoluble dans tous les menstrues autres que les acides énergiques et les alcalis concentrés. Les huiles peuvent donc être considérées comme le premier échelon du développement des *substances organisatrices*. Nous retrouvons aussi les huiles essentielles ou autres, dans tous les tissus naissants, dans le globule élémentaire et de première formation qui recèle la matière verte (pl. 6, fig. 20, *a* et *c*). Il nous sera donc permis de ranger toutes ces substances dans une classe à part, classe pour ainsi dire préparatoire des autres, et consacrée à toutes les substances, chez lesquelles le carbone est associé à l'hydrogène en excès, sans ou avec une quantité inférieure d'oxygène, substances qui, en absorbant l'oxygène capable de remplir les proportions voulues pour élever l'hydrogène à l'état d'eau, sont destinées à former la SUBSTANCE ORGANISATRICE, l'élément organique des tissus organisés. Nous nommerons ces substances préparatoires : SUBSTANCES ORGANISANTES.

861. Dans leur état de vie, les tissus organisés abondent en une foule de substances qui, par leur nature chimique et leur destination, ne sauraient entrer dans aucune des trois catégories précédentes, mais qui, sans être appelées à se transformer en tissus, ne laissent pas que de contribuer pour leur part à l'œuvre de l'organisation, ou résultent même, en qualité de résidu et de précipité, de la marche de l'organisation même. Ce sont les acides, résultats de la combinaison du carbone avec l'oxygène en excès; ce sont les sels, résultats de la combinaison de ces acides avec les bases, dont la présence serait en état de nuire au développement des organes, ou résultats de la précipitation cristalline d'un liquide absorbé par les parois des tissus, sur lesquelles s'incruste alors le sel, comme cela arrive par une évaporation spontanée; et ces sels peuvent être à base terreuse ou à base ammoniacale. Enfin, la désorganisation des tissus, spontanée ou artificielle, a aussi ses produits, de même que l'organisation a les siens; et ceux-ci offrent déjà une certaine analogie, dans le mode de leur combinaison, avec les substances du règne inorganique; elles forment la transition de l'un à l'autre règne, tirant leur origine de l'un, mais formées sous l'influence des lois qui président aux combinaisons de l'autre; combinaisons en général binaires et à proportions fixes, elles se prêtent aux calculs atomistiques et jamais à un développement progressif. Nous donnerons, à cette double classe de substances, le nom de SUBSTANCES ORGANIQUES.

862. Et là, sur leurs limites, se trouve nécessairement le point de contact avec le règne minéral; car où l'un finit, l'autre commence, pour aller rejoindre le premier par l'autre extrémité. Ce point de contact doit nécessairement occuper une certaine place dans ce traité, et à son tour il doit servir de transition vers la théorie, en terminant la classification.

863. Nous venons de donner le cadre de celle-ci, en n'ayant l'air que de jeter les bases du système. Toutes les substances qui rentrent dans les attributions de cet ouvrage, se classeront dans deux grands embranchements généraux; dans l'un, les ÉLÉMENTS ORGANIQUES des tissus, et dans l'autre les BASES TERREUSES qui, 1° s'incrustent sur les surfaces des tissus; 2° se combinent avec les éléments organiques pour former des substances organisées; 3° ou sont dissoutes dans les liquides qui concourent, en circulant, à l'organisation et aux fonctions des organes. Le premier embranchement aura quatre divisions, consacrées, l'une à l'étude des SUBSTANCES ORGANISÉES, l'autre à celle des SUBSTANCES ORGANISATRICES, la troisième à celle des SUBSTANCES ORGANISANTES, et la quatrième enfin, à celle des SUBSTANCES ORGANIQUES. Dans chacune de ces divisions nous admettrons deux subdivisions fondées sur une considération plutôt physiologique que chimique, sur une indication plus que sur une définition; l'une qui ne renfermera que les substances tirées du règne végétal, et l'autre que celles tirées du règne animal, distinction qui disparaîtra dans l'exposition de l'histoire chimique de chacune d'elles. Nous n'admettrons d'autres distinctions caractéristiques que les distinctions spécifiques; nos principes immédiats seront des espèces. Les genres ne seront que des mélanges, en proportions différentes, des espèces rangées sous leur rubrique. Enfin, en traitant de chaque espèce en par-

ticulier, nous ne nous contenterons pas d'en décrire les caractères extérieurs et l'analyse chimique; nous en étudierons la structure la plus intime, l'organisation jusque dans ses éléments les plus ténus; nous remonterons jusqu'aux premiers instants de leur formation, afin de les suivre pas à pas jusqu'au terme de leur élaboration et de leur vie; nous en tracerons l'histoire complète, c'est-à-dire l'histoire physiologique.

864. Tel est le cadre de la nouvelle classification, dont nous devons faire précéder l'application, par l'énumération des caractères généraux, qui distinguent les substances, dont se compose le règne organisé, et ensuite par le tableau synoptique de la classification, sous forme de table analytique des matières.

§ VI. *Exposé succinct des principaux caractères chimiques et physiologiques des matières organiques.*

866. Les matières organiques se décomposent au feu en trois ou quatre éléments gazeux, selon les chimistes, et en trois seulement d'après nous (*oxygène, hydrogène, carbone*), l'azote appartenant à l'ammoniaque qui fait partie des sels, dont le plus grand nombre se retrouve dans les cendres. Après leur désorganisation naturelle ou artificielle, et placées dans une atmosphère humide, les matières organiques se décomposent spontanément en différents produits fixes, liquides ou gazeux, dont le nombre et la nature varient à l'infini, selon une foule de circonstances que, dans l'état actuel de la science, il est impossible d'évaluer. Abandonnés aux lois de l'organisation, leurs éléments se combinent, se transforment en produits, dont l'analyse peut se rendre compte et qu'elle sait retrouver au besoin. Cette organisation n'a pas lieu dans le vide ou dans l'azote; elle dépérit dans certains gaz délétères; elle ne prospère que dans l'air atmosphérique.

866. Le froid arrête le développement des êtres organisés, mais il conserve indéfiniment, sans altération, les substances organiques, ainsi que le démontrent et les mammouths que l'on exhume des glaces du Nord, et les cadavres d'Espagnols qu'on a trouvés gisants, sans déformation, sur le sommet glacé des Cordillères, depuis l'époque de la première conquête du Pérou. Mais on observe que lorsque le dégel survient, les corps organisés se putréfient plus vite que ceux qui n'ont pas été soumis à l'influence d'une basse température. En conséquence, nul organe ne végète plus à zéro; quelques-uns même se désorganisent à cette température; et si certains animaux continuent à vivre, et si certains végétaux s'y conservent, c'est qu'ils sont enveloppés de téguments naturels ou artificiels qui, mauvais conducteurs de la chaleur, les protégent contre l'action du refroidissement. On a cité une seule plante qui germerait et se développerait sur la neige : c'est l'*uredo nivalis*, simple globule microscopique analogue à un grain de pollen de petite dimension; mais ce fait n'est établi sur aucune observation positive; il est probable que ces globules sont des globules polliniques, saupoudrés par les vents sur la surface de la neige. Les plantes alpines dorment sous la neige qui les abrite pendant l'hiver, et elles se réveillent au printemps.

867. Peu de plantes et peu d'animaux pourraient résister longtemps à une température de 35° qui, dit-on, est celle de l'Afrique centrale. Cependant on sait que, grâce à l'atmosphère humide, dont la transpiration entoure le corps, quelques observateurs ont pu entrer impunément, et séjourner quelques minutes, dans des fours qu'on venait d'échauffer, et dans le cratère des volcans.

868. La dessiccation d'un organe le frappe de mort. Cependant le *rotifère* et le *vibrion* du froment ressuscitent, dès qu'on les humecte d'eau, après avoir été soumis à une complète dessiccation au soleil d'été. Mais pour cela, il faut que cette dessiccation ait lieu d'une manière graduée et sans brusquerie, et en même temps sans qu'à la faveur d'une interruption, il puisse s'établir un commencement de décomposition, ou un déchirement quelconque, par suite de l'agglutination des extrémités du corps de l'animal desséché. C'est pourquoi l'on a observé que l'expérience réussit mieux, lorsque le *rotifère* se trouve placé parmi la poussière siliceuse des gouttières, dont les molécules cèdent leur humidité, sans retrait et sans déplacement.

869. Il existe donc une température, en deçà et au delà de laquelle le carbone, l'oxygène et l'hydrogène ne peuvent plus être combinés en molécules organiques par la vésicule organisée (83); mais, entre ces deux limites, chaque espèce vivante des deux règnes semble affecter un degré différent, et le développement est alors en raison directe de l'élévation de la température, sous le rapport et des dimensions et de la marche de l'accroissement. De là les différences frappantes que l'on remarque entre les plantes et les animaux des climats divers.

870. Outre le froid et la chaleur, l'organisation trouve encore des obstacles dans la réaction d'un

certain nombre de substances inorganiques ou organiques, mais étrangères à ses vésicules. Parmi ces substances, les unes paralysent l'élaboration, en arrêtant ou en s'emparant à leur profit des gaz aspirés par la vésicule; elles agissent comme des narcotiques ou des asphyxiants. Les autres désorganisent les parois de la vésicule, en s'emparant des éléments de ses parois; elles agissent comme des poisons.

871. Les animaux absorbent, par la respiration, l'oxygène de l'air qu'ils rendent, par l'expiration, combiné avec le carbone du sang, à l'état de gaz acide carbonique. Les plantes, exposées à l'action solaire, absorbent de l'oxygène et de l'acide carbonique de l'air, qu'elles décomposent, en s'emparant du carbone et exhalant l'oxygène. A l'ombre et pendant la nuit, elles absorbent l'oxygène, qu'elles exhalent combiné avec le carbone. En conséquence elles vicient l'air pour les animaux pendant la nuit, et elles l'améliorent pendant le jour. Une plante qui végète privée des rayons solaires *s'étiole*, c'est-à-dire ne produit point de matière verte, et prend, par tous ses organes, une direction anormale. L'apparition de la matière verte coïncide avec l'aspiration de l'oxygène. La germination réclame l'obscurité, comme la végétation réclame le bienfait de la lumière; et cela est vrai des graines végétales, comme des œufs des animaux.

872. Il est une certaine classe de végétaux, qui ne peuvent se développer que dans la plus profonde obscurité, et qui ne semblent destinés qu'à la végétation étiolée des racines souterraines; ce sont les champignons. Il est une certaine classe d'animaux qui ne naissent et ne vivent que dans l'ombre; ce sont quelque animaux inférieurs.

873. Quant aux métamorphoses d'une forme végétale en une forme animale, ou d'une forme végétale en une autre qui n'aurait pas le moindre rapport d'affinité avec elle, les expériences, sur lesquelles on a cru devoir baser cette hypothèse, n'ont jamais offert le caractère d'exactitude que la science exige; ce ne sont le plus souvent que des rêves d'un auteur préoccupé. Non pas que je nie la possibilité des générations spontanées, et des transformations des corps; mais je suis persuadé que les générations spontanées n'ont lieu que sur les plus bas degrés de l'échelle, et dans des dimensions qui, jusqu'à ce jour, se sont refusées à l'observation; qu'ensuite, par une série infinie de modifications ascendantes, la molécule organisée est susceptible de revêtir successivement et à chaque génération des formes supérieures; mais que ces modifications seraient à peine sensibles au bout d'un certain nombre de siècles, s'il était donné à l'observateur d'assister, sans interruption, au spectacle de ce développement (*).

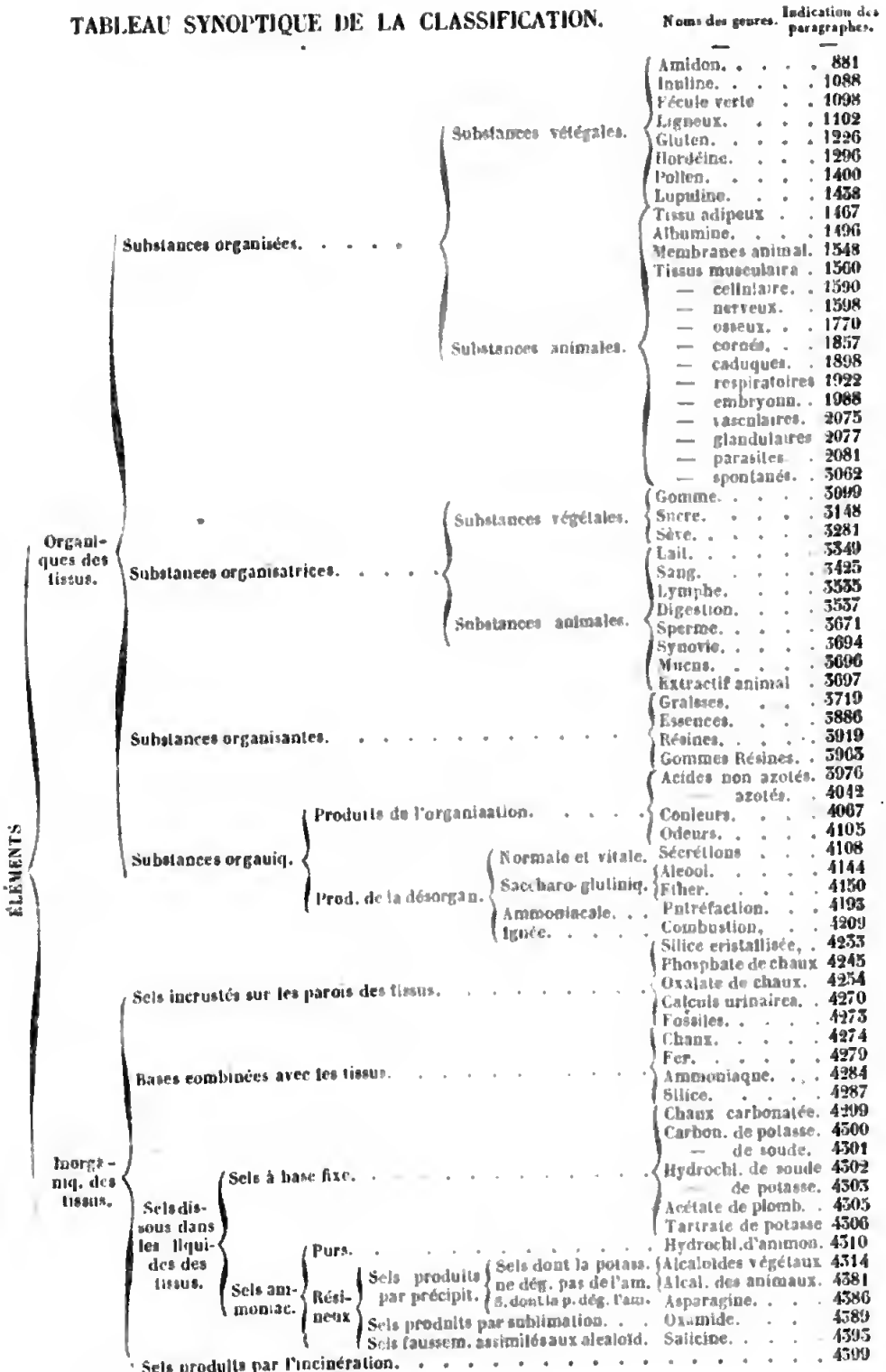
874. Ce qui s'oppose à l'adoption de ces assertions, c'est, sans aucun doute, l'idée que nous nous sommes formée de la graine et de l'œuf; nous leur avons, pour ainsi dire, assigné des formes invariables, un siége invariable, parce que nous nous sommes hâtés de généraliser quelques cas particuliers, sans réfléchir qu'en généralisant quelques autres cas d'une autre espèce, nous serions arrivés à une conclusion contraire.

875. L'œuf et la graine sont des cellules détachées du tissu de la mère, par suite d'une impulsion de nom contraire. L'impulsion peut venir d'un corps étranger que nous nommons mâle, ou d'un corps interne dont nous négligeons alors de nous occuper. L'œuf et la graine peuvent, en revêtant certaines formes et certaines dimensions, fixer plus spécialement notre attention. Mais le lambeau du polype qui devient polype, le fragment de tubercule qui devient pomme de terre, nous apprennent assez que la faculté générative est dans tout le système de l'organisation, et que tout l'être organisé est dans chacune de ces cellules.

876. Les matières animales, de même que les matières végétales, ne sont susceptibles d'être distinguées qu'empiriquement, et après que l'œil en a contracté une certaine habitude. Cette différence dans l'aspect et la consistance, ainsi que dans la nature des produits, indique nécessairement une différence dans la composition intime; c'est un point que la science doit se proposer de découvrir, mais l'ancienne méthode n'a fait, j'ose l'avancer, qu'éloigner le terme de la découverte.

(*) Voy. *Nouveau système de physiologie végétale et de botanique*, § 1783.

TABLEAU SYNOPTIQUE DE LA CLASSIFICATION.



RASPAIL. — TOME I, *page* 211.

DEUXIÈME SECTION.

CLASSIFICATION DU NOUVEAU SYSTÈME DE CHIMIE ORGANIQUE.

PREMIÈRE CLASSE.

ÉLÉMENTS ORGANIQUES DES TISSUS (863.)

877. Combinaisons de carbone, oxygène et hydrogène en proportions variables, mais qui, dès qu'elles peuvent être représentées par une portion de carbone(C) et une portion d'eau (OH^2), sont aptes, en se combinant avec une base terreuse ou volatile, à s'organiser en une vésicule qui devient le germe et l'élément générateur des organes, en sorte que la formule (797) des parois d'un tissu est, dès ce moment, $(C+OH^2)+\rho$, en proportions croissantes ou décroissantes à l'infini. L'élément organique des tissus est décomposable par le feu, qui en élimine l'oxygène et l'hydrogène, et isole le carbone en vase clos, ou le gazéifie à l'air, en le combinant avec l'oxygène en acide carbonique ou oxyde de carbone; à la suite de cette combustion, il ne reste de la substance organisée ou organique que la base terreuse, que sa cendre. Les substances inorganiques avides d'eau, l'acide sulfurique concentré, l'acide hydrochlorique, la potasse caustique, et les autres alcalis terreux, réduisent les éléments organiques en carbone, en les dépouillant de la quantité d'oxygène et d'hydrogène nécessaire pour former de l'eau. En outre, l'action de la potasse détermine la formation de divers acides qu'elle sature. L'acide sulfurique commence par désorganiser ces substances, en se combinant avec la base terreuse qui leur était associée; et si, immédiatement après cette première action, on a soin de l'étendre d'eau et de le saturer par la chaux, la baryte ou le plomb, on obtient l'élément organique à l'état d'intégrité, et avec les caractères qu'il apportait à la combinaison vésiculaire (852') ou cristalline.

878. Nous diviserons les éléments organiques en quatre groupes principaux : le premier comprenant les SUBSTANCES ORGANISÉES, c'est-à-dire celles qui résultent de la combinaison d'une portion de carbone et d'eau et d'une portion d'une base terreuse, et qui affectent dès lors la forme vésiculaire, et sont aptes à se reproduire indéfiniment, c'est-à-dire à vivre.

Le second renfermera les SUBSTANCES ORGANISATRICES, c'est-à-dire celles chez lesquelles l'élément organique n'est pas encore combiné en vésicule avec la base terreuse, mais est apte à se combiner ainsi, vu que le carbone s'y trouve associé à l'eau sans excès d'oxygène ou d'hydrogène.

Le troisième comprendra les SUBSTANCES ORGANISANTES, c'est-à-dire les substances, chez lesquelles l'hydrogène est en excès, mais qui, en absorbant l'oxygène de l'air, se rapprochent de plus en plus de la nature des substances organisatrices, et passent spontanément à l'état de tissus.

Dans le quatrième, enfin, nous comprendrons les SUBSTANCES ORGANIQUES, ou produits de l'organisation, ou rebuts de l'élaboration, ou approvisionnements de la nutrition; qui concourent au développement de la charpente organisée par leur présence ou leur protection; en recouvrant les surfaces ou en neutralisant les poisons; en rendant à la vie, qui recommence sur d'autres espaces, les éléments engourdis de la vie qui s'éteint; enfin en décomposant les tissus vieillis, au profit de la nutrition des tissus jeunes et pleins de vie.

PREMIER GROUPE.

SUBSTANCES ORGANISÉES.

879. Organes qui s'isolent, en simulant souvent une poudre amorphe, une précipitation inorganique. Les uns proviennent du règne végétal, les autres du règne animal; l'élément organique (877), chez les premières, est combiné en général à une base terreuse; chez les autres, au contraire, il est combiné en général à l'ammoniaque ou à un sel ammoniacal. Mais comme la distinction en substances végétales et substances animales n'est rien moins que tranchée, nous ne l'adopterons que sous forme d'indication botanique et zoologique, et seulement pour rappeler l'origine du produit.

PREMIÈRE DIVISION.

SUBSTANCES ORGANISÉES VÉGÉTALES.

880. Substances organisées, qui concourent à former la charpente des organes de la végétation, et que la chimie a pu prendre pour des substances immédiates ou amorphes. Nous en distinguerons treize genres ou *pseudogenres* principaux, auxquels on peut rapporter tous les tissus connus du règne végétal. Ce seront : la *fécule amylacée*, l'*inuline*, la *fécula verta*, la *ligneux*, la *médulline*, la *subérine*, l'*albumine*, le *gluten*, la *légumine*, l'*hordéine*, le *pollen*, la *lupuline*, parmi lesquels nous en admettrons deux seulement, dont tous les autres peuvent être considérés comme des mélanges *pseudonymes* : c'est le *ligneux* et le *gluten*, c'est-à-dire l'organisation ayant pour base une substance terreuse, et l'organisation ayant pour base l'ammoniaque.

PREMIER GENRE.

AMIDON (*fécule amylacée*) (*).

881. L'amidon, obtenu à l'état de pureté, est une poudre blanche, cristalline, sans saveur et inodore, craquant sous les doigts, insoluble dans l'eau froide, l'alcool, l'éther, se dissolvant en apparence dans l'eau chaude, formant un *magma* épais avec elle, selon les proportions qu'on emploie, et sous cette forme, se coagulant par l'alcool; se changeant en sucre, par l'ébullition dans certains acides étendus et par sa fermentation avec le gluten; et en acide malique et oxalique dans l'acide nitrique bouillant, sans donner aucune trace d'acide mucique; enfin jouissant de la propriété de se colorer en bleu plus ou moins violet, par le contact de l'IODE.

882. Sa pesanteur spécifique est de 1,53. Sa composition élémentaire est, en poids, de :

D'après	Carb.,	oxyg.,	hydrog.,	azote
Gay-Lussac.	43,55.	49,68.	6,77.	
Berzélius (**).	44,26.	49,07.	6,87.	
Saussure (242).	45,39.	48,31.	5,90.	0,40.
Prout (243).	42,80.	50,90.	6,30.	
		Eau.		
Moyanne,	43,99.	49,49.	6,41.	
ou en nombres ronds,	44.	50.	6.	
		Eau.		

883. Nombres qui, par suite du jeu de chiffres dont nous croyons avoir évalué suffisamment la portée (802), donneraient la formule atomistique $C^{12}\,H^{10}\,O^{5}$.

884. Il n'est pas inutile de faire observer que Gay-Lussac, Saussure et Prout ont employé, dans leurs analyses, l'amidon de froment, et Berzélius celui de pomme de terre. Mais, ainsi que nous l'avons fait déjà observer (803), Prout a trouvé, ce que la théorie nouvelle indiquait d'avance, que la quantité d'eau diminuait, et la quantité de carbone augmentait, à mesure qu'on prolongeait le séjour de la fécule à l'étuve, et ensuite que la fécule la mieux lavée donnait 9 à 10 de cendres, sur 1000 de substance, ou $\frac{1}{100}$. L'arrow root lui a fourni, à l'analyse élémentaire, 36,4 de carbone, 63,6 d'eau; après 20 heures d'exposition à une température de 100°, cette substance a perdu 15 sur 100, et a donné 42,8 de carbone, et 57,2

(*) Ces deux mots, qui désignent chimiquement une substance identique, prennent une acception différente, selon l'usage auquel on destine la substance même. En thérapeutique et en économie domestique, c'est de la *fécule*; dans les arts, c'est de l'*amidon*. Ainsi la fécule de froment, qui sert de poudre à poudrer et de colle pour le papier, le linge, etc., se nomme spécialement *amidon*. La fécule de pomme de terre, qui sert principalement à l'alimentation, garde le nom de *fécule*.

(**) *Traité de chimie* (trad.), tom. V, pag. 267, 1832; car la première analyse de Berzélius, telle que tous les ouvrages élémentaires le rapportent, d'après les *Annales de chimie*, diffère sensiblement de la dernière adoptée par l'auteur; la voici, hydr. 7,06, carbone 43,48, oxyg. 49,45. (*Annales de chimie*, t. LXXXV.)

d'eau ; soumise ensuite à une température de 100° pendant six heures, elle a perdu 3,2 pour cent, et a donné 44,4 de carbone et 55,6 d'eau ; après six heures d'exposition à une température de 150 à 180°, elle a perdu 1,38 sur 100, et a contracté une couleur un peu rougeâtre.

Avec de pareils résultats, que signifient ces nombres invariables des analyses élémentaires, puisqu'ils dépendent, d'une manière aussi large, des circonstances naturelles ou artificielles, dans lesquelles la substance a pu séjourner ?

La structure chimique de la fécule résulte d'une association intime de carbone, d'eau et d'un sel ; mais de telle sorte que la quantité d'eau augmente par la végétation et le développement, et qu'elle décroît par la vieillesse et la dessiccation, en une progression descendante, jusqu'à la carbonisation du tissu.

§ I. *Caractères physiques des particules de cette substance en général* (*).

885. Examinée au microscope, cette poudre n'offre plus que des grains arrondis, isolés, de formes et de dimensions variables, non-seulement dans les divers végétaux, mais encore dans le même végétal, comme l'on peut s'en faire une idée aussi exacte que possible, d'après les figures que j'en ai tracées sur la pl. 6. Ainsi la fécule de *pomme de terre* (fig. 1) offre des grains qui varient de dimensions, entre $\frac{1}{300}$ et $\frac{1}{8}$ de millimètre, et qui affectent les formes les plus variées ; tandis que les plus gros grains de la fécule du *petit millet* dépassent à peine $\frac{1}{300}$ de millim., et n'affectent qu'une seule forme, autant que la faiblesse de nos grossissements nous permet de nous en assurer.

886. Ces grains grossissent avec l'âge du végétal et de l'organe même qui les recèle. Dans le péricarpe de l'ovaire des *graminacées*, avant la fécondation, les grains ne dépassent pas $\frac{1}{300}$ de millimètre, tandis qu'après la fécondation ils croissent dans le périsperme, jusqu'à atteindre $\frac{1}{20}$ de millimètre (fig. 12, pl. 6) (**).

887. Dans certains autres organes, ils changent de forme en grossissant ; ainsi dans les tubercules d'*iris de Florence* ou *de Germanie*, on les trouve, au mois de juin, avec la forme et les dimensions de la fig. 13. Si l'on abandonne ces tubercules à l'ombre, à l'air libre et dans un endroit peu éclairé, on retrouve les grains de fécule au bout de quinze jours, avec les formes bizarres et la taille de la fig. 14, qu'ils n'atteignent presque qu'en automne, quand on fait végéter ces racines dans la terre.

888. Il est des végétaux, dont chaque organe féculifère affecte une forme et une grandeur différentes. Dans la graine du *Chara hispida*, la fécule s'offre avec les formes et les dimensions apparentes de la figure 3, et, dans les articulations au contraire de la même plante, avec les formes et les dimensions apparentes de la figure 4 (***). Je reviendrai sur toutes ces formes en particulier, après avoir étudié l'organisation du grain de fécule.

§ II. *Phénomènes de réfrangibilité qu'on observe sur le grain de fécule.*

889. Les ombres qu'on remarque, sur les contours de chaque grain de fécule, varient d'après le grossissement et les modifications du microscope dont on fait usage.

890. Si l'on observe un grain de fécule de pomme de terre à sec, mais par réfraction, son pouvoir réfringent étant bien différent de celui de l'air ambiant, il s'ensuivra que parmi les rayons, par lesquels on cherche à éclairer cette sphère plus ou moins informe, ceux qui tomberont plus ou moins obliquement sur sa surface inférieure, seront fortement déviés à leur entrée et à leur sortie, et qu'il n'arrivera presque au foyer du microscope, que les rayons qui auront traversé le centre du globule. En conséquence, celui-ci apparaîtra aux yeux de l'observateur, comme une boule noire, qui serait percée au milieu d'un point

(*) *Annales des sciences naturelles*, octobre et novembre 1825.

(**) Avant la fécondation, le péricarpe des céréales est épais et rempli de fécule ; après la fécondation, on le voit de jour en jour s'amincir et se dépouiller de sa fécule, au profit du périsperme non féculent, qui grossit dans son sein, et finit par être le seul organe féculent de la graine. La germination produit, sur le périsperme, le même effet que la fécondation sur le péricarpe ; le périsperme s'épuise alors au profit de l'embryon qu'il recélait dans son sein et qui s'échappe au dehors. Dans l'un et dans l'autre cas, c'est en se transformant en sucre, que la fécule profite aux organes qui l'absorbent. (Voyez mon travail sur ce sujet, *Annales des sciences naturelles*, oct. 1825, p. 32.)

(***) La graine des *Chara* ne doit pas être confondue, comme l'a fait un auteur (*Bull. de la Soc. philom.*, 1836), avec les bourgeons jaunes des rameaux. Ceux-ci se rencontrent à l'aisselle des rameaux anciens (*f*, fig. 3, pl. 8), et la graine (ibid. *b*) se trouve sur les rameaux eux-mêmes, à l'aisselle d'une double petite stipule, et au-dessus d'une petite sphère rouge (*c*) qu'on regarda comme l'organe mâle, qui est, d'après nous, à l'état fossile, la *gyrogonite* de Lamarck. Les articulations se trouvent en *f*.

blanc arrondi (fig. 21, pl. 6), ou bien comme une perle noire plus ou moins allongée, et percée d'une ouverture lumineuse et elliptique (*ibid.* fig. 22). Une bulle d'air observée dans l'eau (fig. 8, *f* pl. 9; et fig. 12, *a'* pl. 8) produit la même image que le grain de fécule observé dans l'air, et cela en vertu des mêmes lois de la réfraction (577).

891. Si l'on place, au contraire, le grain de fécule de pomme de terre (fig. 1, pl. 6) dans l'eau, comme son pouvoir réfringent diffère peu de celui du liquide ambiant, le grain s'offrira alors comme une belle perle de nacre, sur la surface de laquelle on distingue, à certains grossissements, des stries en ondulations concentriques, du plus joli effet (pl. 6, fig. 29); et si le microscope est aussi fortement éclairé que le sont ordinairement les microscopes simples, la transparence du grain féculent pourra être telle qu'on ne le distinguera plus autrement que par un contour linéaire (fig. 23, pl. 6). Dans cet état chaque grain paraît plus grand, illusion qu'on rectifie en le mesurant.

892. Il est pourtant encore possible de diminuer graduellement la transparence du grain de fécule observé sous l'eau; on n'a qu'à diminuer le diamètre du cône lumineux qu'on réfléchit, au moyen du miroir, sur la surface inférieure du grain de fécule; et l'on se sert à cet effet d'un diaphragme (408) percé de trous de différents diamètres. On arrivera à diminuer tellement la transparence de l'objet, que le grain de fécule, observé dans l'eau, offrira presque l'aspect du grain de fécule observé dans l'air; ce qui vient de ce qu'à la faveur de ce diaphragme, on diminuera le nombre des rayons qui seraient tombés perpendiculairement sur la surface inférieure du grain de fécule, et qu'on y fera tomber au contraire un plus grand nombre de rayons obliques, qui n'arriveront pas jusqu'au foyer du microscope.

893. Mais alors, si l'on approche le porte-objet de manière que le centre du grain de fécule ne soit plus au foyer du microscope, l'effet contraire aura lieu. Le centre du grain s'offrira comme un point noir enchâssé dans une auréole éclairée, ou bien comme un noyau emprisonné dans un sac transparent; et si l'on emploie, pour observer le grain de fécule, l'ouverture la plus grande du diaphragme, sans toucher en rien au porte-objet, au lieu d'un point noir on aura une tache bleue, mais lumineuse.

894. Lorsqu'on observe les grains de fécule de la plus grande dimension, à un grossissement un peu élevé, à celui de 300 diamètres par exemple, l'image des grains se déforme, par un effet de réfraction dont il faut tenir compte. Les grains de fécule de pomme de terre qui, au grossissement de 100 à 150 diamètres, se présentent avec l'aspect de la fig. 1, pl. 6, prennent au contraire la forme aplatie et à ondulations de la fig. 28; cela vient de ce que la distance focale des hauts grossissements du microscope composé étant très-courte, il arrive que le grain de fécule ne saurait se trouver en entier au foyer du microscope; le microscope ne le grossit dès lors que par deux de ses dimensions, la largeur et la longueur, et l'aplatit par l'autre, et cela d'autant plus que les diverses zones s'élèvent davantage au-dessus du foyer; ce qui produit en apparence une surface creuse; cet effet n'a jamais lieu à une simple lentille d'un grossissement linéaire de 150 (473).

895. Si l'on verse une goutte de solution aqueuse d'iode sur les grains de fécule qu'on observe au microscope, on voit ces belles perles de nacre se colorer successivement en purpurin, en violet, en bleu clair, et enfin en bleu foncé, si l'iode est en excès, comme lorsqu'on emploie une solution alcoolique; les grains apparaissent alors sous forme de beaux grains de verroterie colorés (pl. 6, fig. 2 *a*); mais ils ne changent, en se colorant, ni de forme ni de dimensions. Si l'on verse ensuite de l'ammoniaque liquide, ou de la potasse caustique très-étendue d'eau, ou de la chaux tout à fait éteinte, un oxyde quelconque enfin, la couleur bleue abandonnera les grains de fécule, qui reprendront leur première transparence nacrée, sans avoir rien perdu ni de leur forme ni de leurs dimensions primitives; dans ce cas l'iode se porte sur les bases ou les oxydes, pour former avec elle des hydriodates. On pourra les colorer de nouveau par un excès d'iode, et les décolorer par l'alcali étendu, et ainsi de suite indéfiniment, sans que ces grains soient en rien altérés par cette alternative de réactions, qui rentrent évidemment dans la classe des phénomènes de coloration des tissus par les procédés de teintures; car il se passe, à l'égard des grains de fécule colorés par l'iode, absolument la même chose qu'à l'égard des tissus de soie ou de laine imprégnés de *fer*, qu'on colore en bleu, en les plongeant dans un bain de *prussiate de potasse* aiguisé d'un acide, et que l'on décolore, en les replongeant dans un bain de *potasse*. On observe seulement à la longue qu'à la suite d'une plus ou moins longue alternative de réactions, les grains de fécule semblent perdre un peu de leur transparence primitive, vu que la grande quantité de sels, que l'eau tient en dissolution, a modifié le pouvoir réfringent du liquide qui enveloppe les

grains de fécule. Dans l'expérience en grand, la belle couleur bleue, communiquée à la fécule par l'iode, disparaît à mesure que les parties aqueuses s'évaporent, et elle est remplacée alors par une couleur marron terne; mais cette couleur bleue reparaît par l'addition de l'eau ou d'un acide hydraté. Dans un flacon bouché, la couleur marron se conserve indéfiniment. Si l'on met l'iode solide en contact avec la fécule sèche, celle-ci ne se colorera qu'en jaune d'abord, couleur qui peu à peu passera au rouge de brique, et enfin au rouge-marron ; une goutte d'eau ramènera au bleu cette coloration indécise. Le Brome colore l'amidon humide en rouge cramoisi.

§ III. *Organisation des grains de fécule.*

896. Les formes arrondies, l'isolement réciproque, l'accroissement successif des grains de fécule dans les organes des végétaux, leur coloration par l'*iode* et leur décoloration par les alcalis étendus, tout enfin devait me faire naître la pensée que ces granulations, qu'avant cette découverte on prenait pour des cristaux, pouvaient bien n'être autre chose que DES ORGANES; les expériences suivantes démontrent évidemment l'exactitude de cette proposition.

897. Les grains de fécule, au sortir des cellules qui les recèlent, sont mous et fortement ombrés sur les bords, quand ces organes sont encore frais et vivants. Si on parvient à atteindre sur le porte-objet un de ces grains, avec la pointe d'une aiguille, il s'affaisse sous la pression, se vide dans le liquide, et bientôt il ne reste plus de lui-même qu'un sac plissé, ouvert sur un des côtés ; j'en ai dessiné un dans cet état sur la pl. 6, fig. 3 *a*; il appartient à la graine des *Chara* (888). Mais après leur dessiccation ou une ébullition plus ou moins prolongée dans l'alcool concentré, ces grains deviennent durs et plus transparents, et ils glissent alors facilement sous la pointe de l'aiguille ; pour les ouvrir il faut avoir recours à un autre procédé.

898. Qu'on pétrisse de la fécule de pomme de terre dans la gomme arabique, et qu'on en compose un cylindre qu'on laissera sécher à l'air; que l'on ratisse ensuite un des bouts du cylindre avec un instrument tranchant, en laissant tomber les raclures dans un verre de montre rempli d'eau distillée; que d'un autre côté on laisse dissoudre l'autre bout dans l'eau d'un second verre de montre; si l'on examine, quelques heures après, les deux verres de montre au microscope, on ne trouvera presque que des vésicules déchirées et plissées (pl. 6, fig. 5 *aaaa*) dans le premier verre, et dans le second tous les grains se montreront tout aussi bien conservés qu'auparavant (fig. 1).

899. Si la fécule a été broyée et écrasée par quelque procédé que ce soit, tel que l'a été la fécule des diverses farines, les vésicules déchirées s'y montreront tout aussi abondamment que dans l'expérience précédente.

900. Que l'on soumette, sur une lame de fer, une petite quantité de fécule à l'action des charbons incandescents; dès que les couches inférieures se montreront charbonnées, qu'on jette les couches supérieures dans l'eau du porte-objet, qu'on aura légèrement alcoolisée (*); tout à coup il s'établira des courants rapides dans différents sens; les grains de fécule passeront sous les yeux de l'observateur avec la rapidité de l'éclair ; c'est à la faveur de cette petite tempête microscopique, qu'on pourra voir de longues traînées d'une substance soluble sortir de l'intérieur de chaque grain crevassé, ou de chaque calotte des grains éclatés ; et bientôt il ne restera plus, sur le porte-objet, que des vésicules plissées, mais dont le diamètre ne sera pas beaucoup plus grand que celui des grains de la même fécule.

901. Si l'on jette une certaine quantité de grains de fécule dans une grande quantité d'eau en ébullition, et qu'on examine ensuite le liquide au microscope, après son refroidissement, crainte que la vapeur d'eau n'obscurcisse le porte-objet, on verra flotter, dans le liquide, des vésicules infiniment légères et transparentes (fig. 2 *a'*), plus grandes vingt fois peut-être que les plus gros grains de la même fécule; et plus on prolongera l'ébullition, plus ces vésicules s'étendront et deviendront transparentes.

902. Si ensuite on abandonne à elle-même, après quelques instants d'ébullition, cette même fécule, en ayant la précaution de jeter dans le liquide un peu de camphre en poudre ou quelques gouttes d'alcool, il arrivera qu'au bout d'un à deux jours toutes les vésicules (fig. 2 *a'*) se précipiteront au fond du vase, sous la forme de flocons ou *detritus* blancs comme la neige, et le liquide qui les sur-

(*) On alcoolise cette eau, afin de la mettre en mouvement par l'évaporation alcoolique, et de diminuer la capacité de saturation de l'eau. Les grains de fécule roulent alors sous l'œil de l'observateur, emportant après eux des traînées de substance, que l'eau dissoudrait trop vite, sans la présence de l'alcool qui se coagule.

monte reprendra la limpidité de l'eau. Le camphre et l'alcool sont destinés dans cette opération à prévenir la fermentation, dont nous nous occuperons ci-après, et qui se manifeste plus ou moins promptement dans les grandes chaleurs de l'été.

903. On assiste aux phénomènes les plus intimes de l'ébullition de la fécule, à l'aide de l'appareil déjà décrit (488) : qu'on place sur le porte-objet un verre de montre rempli d'eau distillée, dans laquelle on aura eu soin de déposer à la fois et des fibrilles de coton et des grains de fécule; qu'au lieu d'un miroir réflecteur, on emploie une lampe, dont la flamme serve en même temps à échauffer et à éclairer l'objet, il ne restera plus, pour être témoin de l'effet de la chaleur sur le grain de fécule, que d'empêcher la vapeur d'eau de couvrir l'objectif. Pour cela on enveloppera le tube de l'objectif avec l'extrémité imperforée d'une éprouvette à minces parois, que l'on tiendra plongée dans l'eau du verre de montre (488); de cette manière la vapeur d'eau ne pourra ni revêtir la surface du verre grossissant, ni se glisser, à travers les jointures, dans l'intérieur du tube du microscope. Les fibrilles de coton sont destinées à retenir emprisonnés quelques grains de fécule, qui, sans cette circonstance, seraient soustraits à l'observation par les courants de l'ébullition. Or, dès les premières impressions de la chaleur, on verra le grain de fécule retenu par les fibrilles de coton se dilater, devenir de plus en plus transparent, s'aplatir, s'affaisser, et finir par se vider, jusqu'à ne plus offrir que l'image d'un sac presque sans consistance.

904. Il est évident que toute réaction chimique capable de dégager une quantité suffisante de chaleur produira, sur le grain de fécule, les mêmes effets que l'ébullition de l'eau.

905. En conséquence, si l'on verse de l'acide sulfurique concentré sur une goutte d'eau, dans laquelle on aura déposé quelques grains de fécule, tout à coup et à la faveur du grand dégagement de calorique occasionné par le mélange, les grains de fécule s'étendront et se videront sous les yeux de l'observateur. Si, au contraire, on mêle préalablement l'eau à l'acide sulfurique, et qu'après le refroidissement du mélange, on y jette les grains de fécule, ils resteront aussi intègres que dans l'eau pure; et, par un séjour prolongé, on les y trouvera plutôt corrodés qu'élargis et vidés. Il en sera de même avec la potasse caustique, la chaux vive, etc.

906. Si l'on jette quelques grains de fécule sur une goutte d'acide sulfurique concentré placé au foyer du microscope, par un temps sec, les grains ne se mouillant pas, et restant à la surface de l'acide, paraîtront aussi noirs et aussi petits qu'observés à sec sur une lame de verre (773), et ils n'éclaireront pas; mais dès qu'on aura versé sur l'acide une goutte d'eau, ces grains éclateront et s'étendront dans le mélange; ils deviendront même si transparents, qu'il faudra diminuer l'intensité de la lumière, afin de bien apercevoir les contours de leurs tégumens. Mais il ne faut pas perdre de vue que, pour que le phénomène se manifeste sous les yeux de l'observateur, il est nécessaire que le grain de fécule qu'on observe, assiste au dégagement de calorique produit par le mélange, ce qui très-souvent n'a pas lieu, à cause de la consistance sirupeuse de la goutte d'acide sulfurique.

907. Si l'on jette quelques grains de fécule sur une goutte d'acide nitrique ou hydrochlorique concentré et fumant, placée au foyer du microscope, les grains de fécule éclateront aussitôt; mais si l'on s'oppose au dégagement de calorique, que produit l'avidité de ces acides pour l'eau, en faisant l'expérience sans le contact de l'air atmosphérique, qui est toujours plus ou moins saturé d'humidité, si l'on jette, par exemple, les grains de fécule dans un petit tube rempli de l'un de ces acides et qu'on bouchera aussitôt hermétiquement, il sera facile de voir à travers les parois, à la faveur d'une forte loupe, que le plus grand nombre des grains de fécule, c'est-à-dire ceux qui n'auront pas assisté au dégagement de calorique produit à l'ouverture du flacon, restent intègres pendant assez longtemps dans le liquide.

908. Il résulte de toutes ces expériences que chaque grain de fécule est un organe dont l'enveloppe externe, que je désignerai désormais sous le nom de *tégument de la fécule*, insoluble dans l'eau froide, l'alcool, l'éther et les acides, est d'autant plus susceptible de s'étendre dans l'eau que celle-ci est élevée à un plus haut degré de température; il nous reste à examiner la nature de la substance que ce *tégument* renferme.

§ IV. *Composition chimique des grains de fécule.*

909. Nous avons vu qu'après l'ébullition dans une assez grande quantité d'eau, les *tégumens* ne tardent pas à se précipiter, sous forme de flocons blancs comme la neige, et que ce précipité est surmonté d'un liquide aussi limpide que l'eau pure. On décante avec beaucoup de précaution ce liquide, et l'on trouve qu'il se coagule par

l'alcool et les acides concentrés, par l'infusion de noix de galle, etc., mais non par la chaleur; qu'il se colore en bleu par l'iode, comme les *téguments;* qu'il ne perd pas ses caractères par la dessiccation à un feu modéré; il acquiert seulement alors les caractères extérieurs d'une gomme, il a une surface luisante, une cassure vitreuse, et se fendille comme la gomme.

910. Quant aux téguments, on s'assure que la plupart ont été déchirés sur un de leurs bords, en les colorant par l'iode, qui en même temps les rend plus rigides et les contracte; par la moindre agitation, on les voit remonter dans le liquide, et y rester plus ou moins longtemps en suspension.

911. Les plis d'une membrane paraissent d'autant plus noirs au microscope que le grossissement est plus élevé; et comme chaque pli est bordé d'une bande lumineuse, il pourrait arriver à un observateur d'en prendre l'image pour celle d'une fente. Une illusion semblable avait encombré la science de toute une nomenclature de vaisseaux fendus et poreux; elle ne pouvait pas manquer de se reproduire à l'égard de l'étude chimique de la fécule. Aussi a-t-on promené un jour, autour des fauteuils académiques, un immense tableau de téguments fendus de mille manières différentes, observés par un lecteur et dessinés sous sa direction par un membre de l'illustre assemblée (*). L'existence de ces fentes servait admirablement, d'après l'auteur, à expliquer le passage de la substance soluble à travers l'enveloppe. Ce n'était pas fort ingénieux, mais c'était facile à comprendre, comme tout ce qui est grossier et accessible à la vue. Mais en réfléchissant sur les effets de la réfraction, on aurait dû conclure que ces traits noirs n'étaient pas des solutions de continuité, vu que, sous l'eau, des solutions de continuité sont transparentes.

912. On fait perdre à la substance soluble la faculté de se colorer par l'iode, en la desséchant entièrement par couches très-minces sur une plaque de porcelaine, et alors rien ne la distingue plus réellement de la gomme.

913. Les téguments au contraire conservent encore cette faculté, après une semblable dessiccation, sans rien perdre de leur insolubilité. Seulement, si on les détache mécaniquement de la surface du vase, la couche qu'ils y forment se brise en myriades de petites parcelles, qui réfléchissent la lumière comme des parcelles de *mica*, par la surface qui s'est moulée sur la paroi lisse du vase, et elles jouent la cristallisation à l'œil nu.

914. Pour s'assurer que, dans l'expérience ci-dessus (908), l'action de l'acide sulfurique n'a point altéré les propriétés respectives des téguments et de la substance soluble, il faudra étendre d'eau l'acide, le saturer par la craie, et filtrer à plusieurs reprises; les *téguments* resteront sur le filtre, emprisonnés entre les aiguilles du sulfate de chaux, et la substance soluble passera limpide. On pourra encore isoler les *téguments* du sulfate par la lévigation (121), lorsque le mélange n'en sera pas encore trop tassé; car les aiguilles du sulfate de chaux se précipiteront toujours les premières. On aura ainsi les deux substances en état d'être comparées avec celles qu'on aura obtenues par l'ébullition dans l'eau pure, et on pourra s'assurer qu'elles sont identiques. Malgré tout ce qu'on a publié sur l'analyse élémentaire de ces deux substances, cependant j'ose avancer, et cela, en me basant sur les raisons que j'ai exposées plus haut (884), que, sous ce rapport, ces deux substances ne diffèrent pas sensiblement l'une de l'autre.

§ V. *Action du temps sur la fécule intègre, et dont les téguments n'ont pas éclaté.*

915. (Il n'est pas hors de propos de faire observer que le temps n'est pas un réactif, mais simplement une mesure (**). Car dès qu'on met en contact un organe avec un agent quelconque dans les circonstances favorables à la réaction, l'action chimique a lieu; mais alors elle est souvent inappréciable, parce que les organes, substances insolubles, ne peuvent être attaqués que par couches emboîtées les unes dans les autres. Or, à mesure que ces couches sont successivement attaquées du dehors au dedans, la somme des résultats inappréciables par eux-mêmes finit par devenir appréciable à nos moyens d'observation; et nous disons alors, quoique improprement : *Le temps a produit* ce *phénomène*. En fait d'observations et d'expériences, le mot de TEMPS équivaut donc à cette périphrase : *L'époque à laquelle des résultats successifs et égaux entre eux, mais infiniment petits, deviennent assez nombreux pour former une somme appréciable.*)

916. La fécule paraît inaltérable au contact

(*) Voy. le *Bulletin scientifique et industriel du Réformateur*, n. 208, col. 3, 1835.

(**) *Recherches chimiques et physiolog. sur les tissus organiques*, § 1, t. III des *Mémoires de la Société d'histoire naturelle de Paris*, 1827.

de l'air pur, pendant un laps de temps indéfini.

917. Ses grains m'ont paru tout aussi peu altérés après un an de séjour dans l'eau pure, que j'avais placée à l'abri de toute circonstance capable d'en élever la température assez haut, pour faire éclater les granules avec plus ou moins de lenteur. Dans le cas contraire, les granules se distendent et se vident dans un espace de temps plus ou moins court, selon le degré de chaleur qui se développe. C'est à 50° que l'action de la chaleur sur les grains de fécule commence à devenir bien manifeste, c'est à 75° qu'elle est rapide.

918. Si l'eau dans laquelle on a déposé la fécule renferme en outre une certaine quantité de substances fermentescibles, la chaleur résultant de la fermentation fera éclater subitement les grains, ou les obligera à s'étendre et à se vider insensiblement, selon qu'elle se dégagera avec plus ou moins d'intensité et d'une manière plus ou moins prompte; en sorte qu'au bout de quelque temps on n'observera plus dans le liquide que des téguments plus ou moins altérés et pas un seul grain de fecule intègre; c'est ce qui arrive à la fécule de la farine des céréales, lorsqu'on laisse la farine exposée, dans l'eau, à l'action de l'air atmosphérique.

919. L'affinité de l'iode pour la fécule est moins forte que sa volatilité. Que l'on colore par l'iode très-légèrement humide la fécule intégre, les grains de fécule reprendront tôt ou tard, selon les quantités employées de part et d'autre, leur première blancheur, après avoir passé du bleu au marron terne; l'iode est alors évaporé entièrement. L'ébullition décolore la fécule, en augmentant l'énergie de la volatilisation de l'iode; car la volatilisation commence par la séparation. L'iode quitte donc la fécule dès l'instant qu'il tend à se volatiliser. Mais avant de se volatiliser, il doit séjourner dans l'eau ambiante. Ce qui fait qu'en refroidissant, on voit le mélange se colorer de nouveau en bleu, quoique moins intense.

920. Si l'on verse une faible solution d'iode sur la fécule déposée dans l'eau ORDINAIRE d'un flacon en verre, la fécule, un instant colorée en bleu pâle, se décolore rapidement. Si la quantité d'iode est en excés, la décoloration tarde plus longtemps à s'effectuer; mais au bout de six mois environ, dans le cas où la couche de fécule déposée au fond de l'eau n'aurait qu'un centimètre d'épaisseur, la substance, d'abord colorée en bleu noir, aura repris son éclat et sa blancheur. Cependant, si l'on verse alors dans le liquide une faible quantité d'un acide quelconque préalablement étendu d'eau, la couleur bleue reparaît aussitôt, d'une manière, il est vrai, moins intense que la première fois.

921. L'explication de tous ces phénoménes n'est pas difficile à trouver.

L'eau ordinaire renferme certains sels capables de saturer l'iode en formant des hydriodates et iodates; l'iode sera donc enlevé à la fécule avec d'autant plus de rapidité que la réaction de ces sels sera plus énergique, et que les proportions d'iode seront plus faibles. Enfin, il se forme aussi à la longue, dans cette eau, de l'ammoniaque, ainsi que dans toutes les eaux exposées au contact de l'air, surtout si elles renferment des détritus de corps organisés, ou une couche d'organes, ou enfin une couche de poussière inorganique. C'est pourquoi une assez grande quantité d'iode pourra encore exister en combinaison saline, au bout de six mois, dans le liquide recouvrant la couche de fécule décolorée. Si l'on verse alors un acide dans le mélange, l'iode remis en liberté se reportera sur la fécule, et la colorera de nouveau en un bleu trop intense, pour qu'on puisse être autorisé à penser que sa saturation était due uniquement aux carbonates terreux, que cette faible quantité d'eau était capable de tenir en dissolution.

§ VI. *Action du temps sur la fécule, dont les téguments ont éclaté par la chaleur* (*).

922. La substance soluble isolée de ses téguments, soit à l'aide du siphon ou de la pipette, soit par l'intermédiaire d'un filtre composé de plusieurs couches de papier sans colle, présente à la longue les caractéres suivants: on ne voit développer dans son sein aucune bulle de fermentation; elle n'acquiert aucune odeur, elle ne donne aucun signe d'acidité ou d'alcalinité aux papiers réactifs, et cela même aprés six mois d'exposition à l'air libre. L'iode la colore en bleu les premiers jours, et y détermine des roagulum de la même couleur qui disparaissent avec la couleur bleue, dans l'espace de quelques heures ou d'un jour, selon les doses de substance employées. Une nouvelle quantité d'iode détermine les mêmes phénomènes; mais on s'aperçoit tôt ou tard que ce réactif, au lieu de colorer en bleu la solution, ne la colore plus qu'en purpurin, et qu'enfin, avec

(*) *Recherches chimiques et physiologiques sur les tissus organiques*, § 17, tome III des *Mémoires de la Société d'histoire naturelle de Paris*, 1827.

le temps, la substance soluble ne se colore plus du tout par l'iode, même à l'aide d'un acide ; et pourtant cette substance n'a perdu aucune autre de ses propriétés essentielles : elle se coagule comme auparavant par l'alcool, les acides concentrés, la noix de galle, etc. ; concentrée par la chaleur, elle s'offre exactemrnt avec tous les caractères des gommes ordinaires ; elle prend, par la dessiccation, un œil jaunâtre, et se fendille exactement comme une couche desséchée de gomme arabique.

923. D'autres phénomènes s'offrent à l'observation, lorsqu'on expose la substance soluble au contact de l'air, dans un flacon en verre, sans la séparer de ses *téguments* qui se tassent au fond du vase; car, si la température est assez élevée (25° environ), on ne tarde pas à apercevoir des millions de bulles monter successivement à la surface du liquide ; et il est facile de s'assurer que chacune de ces bulles part exclusivement du sein de la masse des téguments. Bientôt l'odeur du liquide devient aigrelette; il rougit le tournesol, et enfin une odeur caséique se dégage et acquiert une telle intensité qu'on peut la saisir à une grande distance. Si on fait évaporer ce liquide à cette époque, on obtient une substance déliquescente, granulée, qui a tout l'aspect et toute l'odeur du fromage, qu'on a laissé exposé pendant longtemps à sa propre décomposition.

924. Ces effets sont plus rapides et plus prononcés si, au lieu de n'exposer la fécule qu'une seule fois à l'ébullition, on réitère l'ébullition à plusieurs reprises. J'avais fait bouillir huit heures par jour de la fécule, pendant un mois, dans un grand excès d'eau; je déposai, le 5 avril 1826, cette substance dans un flacon bouché à l'émeri, mais renfermant la moitié de sa capacité d'air atmosphérique. Les téguments se précipitèrent bien plus lentement qu'à l'ordinaire; la fermentation s'établit plus rapidement. Le 31 mai je débouchai le flacon ; le bouchon fut repoussé avec une forte explosion; le papier tournesol suspendu au goulot du flacon, sans adhérer aux parois, rougit sensiblement; une allumette enflammée, introduite dans le goulot, produisit une détonation violente, accompagnée d'une flamme assez vive; l'allumette resta incandescente assez longtemps dans le flacon. Le papier tournesol, trempé dans le fond du liquide et non à la surface, rougissait sur ses bords; mais exposé à l'air, il était ramené au bleu. L'odeur du vase était aigrelette et analogue à celle du fromage qui commence à aigrir. Je rebouchai le flacon. Le 10 juin je le rouvris; le bouchon fut repoussé avec la même explosion que la première fois ; la substance soluble ne se colorait plus par l'iode. Le 9 juillet, le flacon s'ouvrit avec une moindre explosion; le liquide à la surface même rougissait le tournesol ; une odeur fétide de vieux fromage s'en dégageait, de manière à infecter le local, dans lequel je faisais l'expérience. Évaporée convenablement, cette substance, au lieu de présenter les caractères ordinaires d'une gomme, offrait tout l'aspect d'une substance jaunâtre, molle, luisante, grenue, déliquescente, semblable à un grumeau de graisse rance, qu'un aurait obtenu par évaporation, ou plutôt à la croûte humide et grenue de certains fromages ; elle laissait sur la langue une impression de chaleur semblable à celle qu'y produit la viande, qui a été rôtie jusqu'à un commencement de carbonisation. L'alcool et l'eau la redissolvaient également; mais, délayée dans l'eau, elle ramenait au bleu le papier rougi par les acides. En 1828, elle conservait encore son odeur infecte et toutes ses propriétés, quoique pendant tout ce temps elle fût restée exposée à l'air libre.

925. Il s'était donc formé de l'ammoniaque de toutes pièces dans une substance non azotée; c'est là la première conséquence que je tirerai dès à présent de cette série d'expériences, et le fait est assez important pour que j'y arrête immédiatement l'attention du lecteur. Nous aurons plus d'une occasion d'y revenir.

926. Lorsque la fécule est exposée au contact de l'air libre dans un flacon débouché, il arrive que la fermentation détermine la production, non de l'ammoniaque, mais de l'alcool, que l'on reconnaît à l'odorat. Au reste, l'influence des ténèbres, de la lumière et de l'électricité de l'air joue un très-grand rôle dans l'une et dans l'autre expérience, et la présence de l'une ou de l'autre de ces causes est capable d'imprimer à la marche des phénomènes une foule de modifications plus ou moins variées (*).

§ VII. *Action du temps, soit à l'aide de l'eau, soit à l'aide des acides et des alcalis, sur la contexture des téguments de la fécule* (**).

927. Quand ces phénomènes de fermentation

(*) *Nouv. système de physiolog. végét. et de botanique*, § 1238.

(**) *Recherches chimiques et physiologiques sur les tissus vég.*

n'ont pas lieu dans le liquide renfermant le produit de l'ébullition de la fécule, phénomènes qu'on peut paralyser avec une goutte d'alcool ou une parcelle de camphre, les téguments se conservent avec leurs premières formes, leur premier aspect, et leur première propriété de se colorer en bleu par l'iode. Ainsi j'ai conservé avec tous ses caractères, pendant deux ans, dans un flacon bouché à l'émeri et à demi rempli d'air, de la fécule bouillie dans un grand excès d'eau distillée.

928. Mais lorsque la fermentation s'établit dans le liquide, on voit les téguments se déformer chaque jour; et en se déformant, leur tissu devient granulé et se couvre de globules très-petits; peu à peu leur coloration au moyen de l'iode passe par toutes les nuances imaginables du bleu au purpurin, couleur que les acides refusent de ramener au bleu; enfin, leurs détritus, à une certaine époque, ne se colorent plus, si ce n'est en jaune, par une solution d'iode (*).

929. Une ébullition prolongée (24 heures environ) produit des effets analogues sur la contexture des téguments. Ils s'étendent d'abord presque indéfiniment dans le liquide; bientôt ils se déchirent irrégulièrement, et leurs lambeaux se couvrent de granulations arrondies d'un diamètre à peu près égal en apparence ($\frac{1}{200}$, $\frac{1}{250}$, $\frac{1}{300}$ de millimètre), qui grossissent de plus en plus à leur tour. Plus on prolongera l'ébullition, plus ces détritus de téguments tarderont à se précipiter au fond du vase par le refroidissement et par le repos; il faudra quelquefois un mois, pour que la substance soluble soit bien isolée de ses téguments déchirés, tandis que, après une heure d'ébullition, les téguments intègres n'emploieront tout au plus qu'une demi-journée, pour se tasser au fond du vase. Cela vient de la pesanteur spécifique de ces organes, qui diminue, à mesure qu'ils s'amincissent en s'étendant.

930. L'acide nitrique, dans lequel on a déposé de la fécule intègre, contracte en vingt jours environ une couleur jaunâtre. Toute la portion vide du flacon bouché à l'émeri devient, par le dégagement de l'acide nitreux, d'une couleur rougeâtre et rutilante. Les téguments finissent par disparaître en entier dans cet acide, qui ne tarde pas à se décolorer et à reprendre sa diaphanéité, sauf quelques *détritus* que la loupe y fait découvrir, quand on regarde le flacon à travers jour.

931. L'acide hydrochlorique pur et concentré se comporte d'une autre manière; l'acide devient d'abord jaunâtre et passe ensuite au noir-jais; et, observé au microscope, il offre des myriades de globules noirs, tenus en suspension dans un liquide incolore. En chimie, on prendrait cette suspension pour une véritable dissolution. Si l'on étend l'acide avec de l'eau, tous les granules se précipitent, pour former une couche noire occupant le fond du vase, et le liquide qui surmonte cette couche reste incolore et très-liquide. Si on lave sur un filtre cette poudre noire, on trouvera qu'elle monte en suspension dans l'acide hydrochlorique à froid et à chaud, qu'elle monte en suspension dans l'eau par l'élévation de température, et qu'elle s'en précipite par le refroidissement; ce qui vient de ce que ces granules ont une pesanteur spécifique moindre que celle de l'acide et plus forte que celle de l'eau.

932. On peut assister à la succession des phénomènes les plus intimes, qui ont lieu dans le cours de cette réaction. Soient deux lames de verre (486), dans l'une desquelles soit pratiquée une cavité en segment de sphère, et qui puissent glisser l'une sur l'autre à frottement; que l'on

niques, § 8 et 10, tome III des *Mémoires de la Société d'histoire naturelle de Paris*.

(*) On lit dans la chimie de Despretz : « Les téguments qui sont insolubles à froid deviennent solubles à chaud (tome II, p. 301, 1830). » Despretz, pour consigner dans son ouvrage un fait démenti par la série des expériences que j'ai publiées depuis six ans à cet égard, n'avait d'autre autorité que celle de Guibourt, qui avait conclu que les téguments n'existaient plus dans le liquide, par cela que lui, Guibourt, et avec le secours de son microscope, ne les apercevait plus à une certaine époque. Or, Guibourt était alors à son début dans l'emploi du microscope, et il ignorait que, pour rendre visibles à cet instrument les corps devenus très-transparents, il ne faut pas les éclairer d'un très grand faisceau de lumière; il ignorait aussi que l'évaporation de l'eau encore chaude peut, en couvrant de vapeurs la surface de l'objectif, dérober la forme des corps les plus opaques suspendus dans le liquide du porte-objet. L'assertion de l'auteur doit être attribuée à l'une et à l'autre de ces causes d'illusions microscopiques. Et d'abord, quant à son microscope, Guibourt annonce s'être servi de celui de Gabriel Pelletan, que nous avions eu occasion de montrer avant l'auteur. Or, ainsi que nous l'avons déjà dit (*Annales des Sciences d'observation*, tom. II, avril 1829, p. 104), ce microscope est une mauvaise copie de celui qui avait appartenu à Hauy, et qui, par les nouvelles modifications de ses lentilles, ne permettait souvent pas de voir des corps moins transparents que les téguments de fécule. Nous avions conseillé au propriétaire de l'instrument de faire usage d'un diaphragme, afin de diminuer l'intensité du faisceau lumineux, et les faux effets de la mauvaise combinaison des lentilles. Nous sommes forcé d'entrer dans tous ces détails élémentaires, puisque nos auteurs de traités classiques, faute de les connaître, n'exposent à enregistrer des erreurs évidentes dans des catalogues de faits.

remplisse la cavité d'acide hydrochlorique concentré, dans lequel on aura déposé des parcelles de fécule de pomme de terre; que l'on fasse ensuite glisser subitement la lame simple sur la lame creuse, sans permettre à l'air atmosphérique de pénétrer dans la cavité; tous les grains de fécule éclateront sous l'influence du calorique, qui se dégagera pendant l'opération; mais un mois après on commencera à voir les téguments se couvrir de granulations, dont la plupart auront $\frac{1}{200}$ de millimètre. Le liquide, ainsi que le tissu des téguments, contractera de plus en plus une couleur roussâtre, et les globules de $\frac{1}{200}$ de millimètre commenceront à leur tour à se subdiviser. Un mois après, on apercevra des globules de $\frac{1}{400}$, $\frac{1}{500}$ de millimètre, etc., et le phénomène restera alors stationnaire, si l'acide a épuisé toute son action.

933. Si, dans le même appareil, on met la fécule en contact, non avec l'acide, mais avec la potasse ou la soude caustique, la fécule éclatera de la même manière, à la faveur du dégagement de calorique qui aura lieu par la combinaison de la potasse et de l'eau; la substance soluble se coagulera en plaques membraneuses; les téguments se granuleront, mais moins que dans l'acide. La couleur jaunâtre restera stationnaire indéfiniment. La fermentation de la farine produit à la longue, sur les téguments de la fécule, les mêmes granulations que l'action des acides ou de l'ébullition.

§ VIII. *Réfutation, à l'aide des précédentes expériences, de la théorie classique de l'amidon, telle qu'elle était professée, à l'époque de la première édition de cet ouvrage* (*).

934. « L'amidon se compose de petits cristaux » tous formés dans l'intérieur du végétal, et qui » se précipitent par le déchirement du parenchyme » ou du tissu cellulaire. L'eau, à la température » ordinaire, dissout une certaine quantité d'amidon; car, après avoir été lavée sur un filtre, » cette substance perd de son poids d'une manière » appréciable. »

935. L'amidon ne se compose que de globules d'une blancheur éclatante, lisses, réfléchissant la lumière, qui croissent comme toutes les cellules végétales dans l'intérieur d'une cellule, et qui élaborent une substance gommeuse, de la même manière que d'autres cellules élaborent l'huile, la resine, etc. Je n'ai jamais trouvé aucun cristal dans l'intérieur d'une cellule vivante; je n'en ai trouvé que dans les interstices, ainsi que je le démontrerai plus loin.

Les grains intègres de fécule sont insolubles dans l'eau froide, et cela indéfiniment. Deux causes peuvent faire croire à leur solubilité partielle. La première est la facilité avec laquelle les grains de la plus petite dimension passent à travers le filtre; la seconde est l'altération mécanique des grains de fécule, qui ont passé par les procédés de mouture, de fermentation, etc. Le tégument des grains de ce genre ayant été déchiré ou divisé, l'eau peut atteindre la substance incluse et la dissoudre.

936. « L'amidon se combine facilement avec » l'eau bouillante, et forme un hydrate connu sous » le nom d'empois (*Thénard*, 1824). — Mêlé avec » l'eau bouillante, il forme l'empois, et devient » soluble; par l'évaporation à siccité il ne reprend » pas son insolubilité dans l'eau froide (*Despretz*, » 1830). — L'amidon est insoluble dans l'eau froide, » mais se résout dans l'eau bouillante en un li» quide mucilagineux (*Berzélius*, 1832). »

937. L'amidon est composé de vésicules pleines d'une substance gommeuse qui durcit au contact de l'air (897) par l'évaporation de ses parties aqueuses. Dans l'eau élevée à 50° seulement, le *tégument* imperméable à froid se distend; dans l'eau bouillante il se déchire; la substance gommeuse se dissout alors dans l'eau, les téguments restent en suspension; ils se précipitent au fond du vase, si l'eau est en excès, et si, par conséquent, les téguments sont clair-semés dans le liquide; mais, si la fécule est en excès, les téguments qui ont acquis un volume au moins dix fois plus grand, forment, en se pressant et s'agglutinant bout à bout, des couches tremblotantes qui épaississent la liquide et le rendent opalin; c'est ce qu'on nomme *empois*.

938. « Cet empois, d'après Vogel, se décompose » par la congélation, et l'amidon reprend ses pro» priétés primitives (*Thénard*, 1824). — Selon » Vogel, la dissolution mucilagineuse d'amidon, » soumise à la congélation et au dégel, laisse » déposer l'amidon dissous, sous forme pulvéru-

(*) Les paragraphes entre guillemets sont littéralement copiés dans les ouvrages des auteurs, que nous réfutons dans les paragraphes sans guillemets.

» lente, résultat qu'on n'obtient par aucun autre » moyen (*Berzélius*, trad. 1832). »

939. Par la congélation, les téguments, se contractant, acquièrent une plus grande pesanteur, deviennent plus clair-semés, et trouvent ainsi moins d'obstacle à se précipiter. Ils apparaissent alors au fond du vase avec l'aspect rigide et craquant de la fécule intègre; mais la moindre élévation de température va leur rendre leur souplesse et les faire remonter en suspension dans le liquide. Ce qui doit ajouter encore à la marche du précipité, c'est qu'à partir de +4°, l'eau va toujours en augmentant de volume, et, par conséquent, en diminuant de densité jusqu'à zéro; tandis que les téguments, au contraire, diminuent de plus en plus de volume et augmentent de densité.

940. « La potasse, broyée avec l'amidon, lui » donne la propriété de se dissoudre dans l'eau » froide; la dissolution est troublée par les acides, » qui, se combinant avec l'alcali, mettent l'amidon » en liberté (*Thénard*). — Une dissolution con- » centrée d'hydrate potassique, broyée avec l'ami- » don, forme une combinaison transparente, gé- » latineuse, soluble dans l'alcool et dans l'eau, d'où » l'amidon est précipité par les acides. Étendue de » beaucoup d'eau, la gelée limpide devient opa- » line (*Berzélius*, trad. 1832). — Broyé avec de la » potasse, il se dissout, et il est précipité de la dis- » solution par les acides (*Despretz*, 1830). Avec » la baryte et la chaux, l'amidon forme des com- » binaisons insolubles, et qui se précipitent, quand » on mêle une dissolution d'amidon avec de l'eau » de chaux ou de baryte. On obtient une combi- » naison d'oxyde plombique et d'amidon, en mê- » lant une dissolution bouillante d'amidon, avec » un excès de sous-acétate ou de sous-nitrate plom- » bique, ce dernier à l'état de dissolution saturée » bouillante; l'amidon se combine avec la base » en excès et transforme le sous-sel en sel neutre. » Le précipité est blanc, caséiforme et pesant; il » renferme 72 parties d'amidon sur 28 parties » d'oxyde plombique (*Berzélius*, trad. 1832). »

941. La potasse caustique, en se combinant avec les vapeurs d'eau de l'atmosphère, produit assez de calorique pour faire éclater et pour distendre les téguments; la substance soluble peut être dès lors reprise par l'eau; or, comme l'eau de ce mélange n'est pas en assez grande proportion, pour modifier sensiblement le pouvoir réfringent de la substance soluble par rapport aux téguments de la fécule, il s'ensuit que la gelée conservera sa transparence; mais, en ajoutant de l'eau au mélange, la substance soluble s'étendra de plus en plus, sans que les téguments se modifient en aucune manière; le pouvoir réfringent des deux substances sera de plus en plus différent, et le liquide deviendra de plus en plus opalin et laiteux (27). Les acides étendus préalablement seraient bien capables, en contractant les téguments par leur astringence, de diminuer leur pesanteur spécifique et de hâter le précipité; mais il est facile de concevoir que ce précipité aurait lieu tout aussi bien sans le secours des acides, si l'on abandonnait cette prétendue combinaison potassique à elle-même après l'avoir suffisamment étendue d'eau. Ce qui avait sans doute porté les chimistes à croire que la potasse se combine atomistiquement avec la fécule, c'est que l'iode ne colore plus l'amidon traité par cet alcali. Mais il suffit de se rappeler l'affinité de l'iode pour la potasse, afin de concevoir que, si l'iode ne colore pas l'amidon, c'est qu'il forme un hydriodate, avec la potasse dissoute dans l'eau qui tient l'amidon en dissolution. Quant au précipité, dans lequel les chimistes voyaient l'amidon tout entier mis en liberté, il faut qu'ils ne se soient pas assurés, par l'expérience, de la nature de ce précipité; car en l'évaporant ils n'auraient pas manqué de se convaincre, d'après les principes de l'ancienne méthode, que cet amidon était ALTÉRÉ.

Les combinaisons atomistiques que Berzélius indique de l'amidon avec certaines bases insolubles, sont encore plus illusoires que celles de la potasse; car les particules de baryte ou de chaux que l'eau tient en suspension, rencontrant les téguments également suspendus dans le liquide, s'y attachent par adhérence, et les rendent plus pesants; ou bien, en se précipitant elles-mêmes, elles emprisonnent entre elles la substance soluble, et ce mélange mécanique, soumis aux procédés grossiers de l'analyse en grand, simule une combinaison atomistique. Il faut en dire autant de la combinaison avec le sous-sel de plomb; non que je nie pourtant que la substance soluble de la fécule, ainsi que l'albumine et autres substances organiques, n'ait la propriété de réduire certains sels et de s'en associer les bases, pour s'organiser en tissus; mais, en cette circonstance, le précipité n'est autre qu'un mélange de téguments rendus plus pesants par le sel insoluble de nitrate de plomb, d'oxyde de plomb et de substance soluble; et ce mélange variera en proportions, selon les procédés de l'analyse, et surtout selon les circonstances qui favorisent ou paralysent la végétation

ci l'organisation. Je porte le défi le plus formel à cet égard; et j'ose avancer que les nombres indiqués par Berzélius ne se retrouveront pas une seule fois, dans une série d'analyses variées. Je ne m'étendrai pas ici sur les combinaisons d'amidon et de *borax*, d'amidon et de *bleu de Prusse*, ni sur la solubilité du *phosphate de chaux* dans l'amidon, comme l'avançait Vauquelin; ce serait vouloir perdre un certain nombre de lignes, que de les consacrer aujourd'hui à la réfutation de ces idées. Ce que j'ai dit, au sujet de quelques bases, suffit pour évaluer toutes les assertions analogues.

942. « L'acide nitrique affaibli le dissout à » froid (*Thénard*). — Les *acides* étendus dissol- » vent l'amidon en un liquide transparent et très- » fluide (*Berzélius*). — Il se dissout également dans » les acides nitrique, sulfurique (*Despretz*). »

943. Les acides avides d'eau, mêlés au contact de l'air avec de l'amidon intègre, produisent une chaleur suffisante pour faire éclater les grains féculents. Mais si l'on fait les expériences sans le contact de l'air, l'action de ces acides se bornera à altérer à la longue les tissus féculents, et à donner lieu à des phénomènes autres que ceux d'une simple dissolution. Bien loin de dissoudre la fécule, les acides précipitent même la substance soluble et la coaguleront, en lui soutirant les molécules d'eau qui servaient à la tenir en solution; et s'ils semblent en dissoudre une partie après que les téguments ont éclaté, c'est à la faveur de l'eau qui leur est combinée. Il en est de même de la potasse caustique et de l'alcool, enfin de toutes les substances avides d'eau.

944. « L'acide sulfurique forme avec l'amidon » un composé cristallisable. Que l'on prenne de » l'acide sulfurique étendu de douze fois son poids » d'eau; que l'on dissolve, en élevant un peu la » température, l'amidon dans quarante fois son » poids de cet acide faible, et que l'on verse de » l'alcool dans la dissolution, il en résultera un » précipité qui devra être regardé comme un mé- » lange d'eau, d'acide sulfurique, d'amidon pur » et du composé cristallin. Si, après avoir lavé le » précipité avec l'alcool, pour enlever l'excès » d'acide, on verse sur le résidu une petite quan- » tité d'eau, celle-ci dissoudra le composé; mais, » comme elle en séparera un peu d'amidon, et que » par cela même elle mettra de l'acide en liberté, » il faudra verser la nouvelle liqueur sur un filtre, » la faire cristalliser par évaporation spontanée, » et délayer à plusieurs reprises les cristaux dans » l'alcool. L'acide libre sera emporté, et le com- » posé d'acide et d'amidon restera pur (*Saus-* » *sure*, Ann. de ch. et de phys., t. XI; *Thénard*; » *Berzélius*, trad. 1832). »

945. L'alcool, en s'emparant des molécules aqueuses, rapproche et coagule les substances gommeuses: ce *coagulum* ne peut avoir lieu, sans emprisonner les molécules d'acide ou de sel que tient en dissolution l'eau, dans laquelle la substance gommeuse est dissoute, et dans laquelle les téguments sont tenus en suspension. Dans le cas que cherchait à expliquer la théorie classique, il arrivera donc que l'acide sulfurique s'emprisonnera dans le sein des grumeaux formés par l'alcool, au moyen de la substance soluble et des téguments de la fécule. Si maintenant on lave les grumeaux avec de l'alcool, ce menstrue emportera les molécules acides qui peuvent recouvrir chacun des grumeaux, mais il respectera les molécules acides emprisonnées dans une substance que l'alcool ne saurait attaquer. En conséquence la surface de ces grumeaux sera neutre, tandis que leur intérieur sera acide. Si ensuite, à la place de l'alcool, on se sert d'eau pour laver ces grumeaux, celle-ci, désagrégeant les téguments et dissolvant la substance soluble, mettra de nouveau l'acide en liberté. Mais si, après avoir bien lavé à l'alcool les grumeaux, on les fait dessécher, chaque parcelle, après sa dessiccation, conservera un aspect cristallin, à cause des diverses faces qu'elle contractera, soit par les cassures, soit par les traces de son application contre les parois du vase; on croira alors avoir des cristaux résultant d'une combinaison atomistique, tandis que, par le fait, on n'aura devant les yeux qu'un mélange artificiel; toutes ces expériences sont faciles à constater par l'observation microscopique. Il n'existe donc pas de sulfate d'amidon; car, bien loin que l'acide sulfurique ait une affinité proprement dite pour la fécule, il la précipite de l'eau; et, sans eau, il ne la dissout pas (906).

946. « Trituré avec plus ou moins d'iode, il forme » des combinaisons dont la couleur varie. Les » combinaisons sont violâtres, quand la quantité » d'iode est petite, bleues quand elle est un peu » plus grande, noires quand elle l'est plus en- » core.... Il paraît qu'entre ces diverses combi- » naisons, il en existe une qui est BLANCHE, et qui » contient le moins d'iode possible (*Colin* et *Gaul-* » *tier de Claubry*, Ann. de chim. 90; *Pelletier*, » Bullet. de pharm. 6; *Thénard*, 1835; *Des-* » *pretz*, 1830). L'IODURE D'AMIDON est soluble

» dans l'eau froide, et d'autant plus qu'il est plus » riche en iode. L'iodure bleu noirâtre se dissout » facilement : la dissolution est violette; l'iodure » bleu est moins soluble et forme une dissolution » INCOLORE... La dissolution du chlore détruit la » couleur de l'IODURE d'amidon et la fait passer au » jaunâtre... L'acide nitrique concentré le dissout » en un liquide rougeâtre... Les alcalis la détrui- » sent également; les acides la régénèrent. (*Ber- » zélius*, 1832 !!!) »

947. L'iode ne forme pas un IODURE D'AMIDON, dans le sens propre du mot, avec la fécule intègre; il la colore seulement en s'appliquant sur la surface de chaque granule, par le même mécanisme, en vertu duquel il colore en jaune les autres tissus organiques, tels que le lin, le coton, la laine, etc. Or, jusqu'à présent la chimie n'a point rangé les phénomènes de coloration des tissus, dans la classe des combinaisons atomistiques, et elle aurait commis une grave erreur, en rapprochant le moins du monde ces deux ordres de phénomènes. La prétendue combinaison en blanc était si facile à expliquer, même à l'époque de la publication du travail de Colin, Gaultier de Claubry et Pelletier, qu'on ne peut se défendre d'un mouvement de surprise, lorsqu'on voit cette idée reproduite avec une certaine affèterie, en 1833, par des chimistes célèbres. Car, ou bien l'eau dans laquelle vous opérez votre prétendu mélange, renferme des sels inorganiques susceptibles de céder leurs bases à l'iode, et alors au lieu d'une combinaison blanche d'iode et d'amidon vous aurez un hydriodate inorganique, et l'amidon restera incolore : ou bien la quantité d'iode sera si faible, qu'elle ne semblera pas ajouter à la légère teinte déjà bleuâtre que possède la fécule de pomme de terre et même celle de froment. Ces prétendus iodures d'amidon ne se dissolvent jamais dans l'eau, si l'on opère à froid et si les grains de fécule sont bien intègres; mais si vous opérez avec la fécule de froment, dont le plus grand nombre des grains ont été écrasés par la meule, alors la substance soluble se dissolvant dans le liquide, celui-ci colorera en bleu, en s'associant à l'iode.

La dissolution de chlore ne fait passer au jaunâtre la couleur du prétendu iodure d'amidon, qu'en altérant la substance même de l'amidon. L'acide nitrique produit un effet analogue par la même cause. Les alcalis ne détruisent pas la couleur de l'iodure d'amidon; ils s'emparent de l'iode et forment avec lui des hydriodates. Les acides remettent l'iode en liberté, et l'amidon se colore de nouveau. L'acide sulfureux et le gaz hydrogène sulfuré détruisent la couleur, par le même procédé que les acides ci-dessus. Berzélius ajoute que *dans ce dernier cas un acide plus fort reproduit la couleur*. C'est qu'un acide plus fort fait éclater les grains de fécule, et fournit ainsi à l'iode une nouvelle masse de substance à colorer.

948. L'analogie, car elle doit continuer la route qui nous a été tracée par les faits, alors que les faits positifs nous abandonnent, l'analogie ne me permet pas un instant de douter que la coloration par l'iode de la substance soluble et insoluble de la fécule, soit l'effet d'une substance étrangère à l'organisation essentielle de la fécule, et dont elle pourrait se dépouiller, sans perdre aucun de ses autres caractères. Voici les raisons sur lesquelles j'ai fondé depuis longtemps mon opinion : Il est des théories professées dans les livres les plus estimés qui reposent sur des inductions moins logiques. 1° L'élévation de température suffit pour dépouiller la substance soluble de la faculté de se colorer par l'iode; c'est alors une gomme ordinaire. Quant aux téguments, il faut un coup de feu plus fort (torréfaction) pour leur enlever cette propriété; car les tissus cèdent, moins facilement que les substances solubles, les éléments avec lesquels ils sont combinés. On a dit depuis avoir répété cette expérience, sans avoir pu dépouiller la substance soluble, de la faculté de se colorer par l'iode. Dans l'intérêt de la démonstration, il nous sera permis d'ajouter que le seul auteur qui ait procédé à l'expérience, est le même qui avait annoncé la solubilité des téguments, parce qu'avec un certain microscope il ne les avait plus aperçus flottants dans le liquide (928). En supposant que, dans le premier cas, l'auteur ait procédé d'une manière plus rationnelle que dans le second, voici la cause de cette dissidence : Si vous exposez la couche de substance soluble à la torréfaction sous une trop grande épaisseur, il sera impossible de torréfier les parties supérieures, sans brûler les inférieures. On devra donc alors s'arrêter, avant une suffisante torréfaction, c'est-à-dire qu'on n'aura pas torréfié du tout; le résultat sera donc nul, quoique l'expérience ait été faite pour la forme. Il faut que la couche soit extraordinairement mince, et qu'on la retire lorsqu'elle commence à jaunir. Du reste, qui ne sait que la torréfaction en grand dépouille la fécule de la propriété de se colorer en bleu par l'iode? Or, comment se ferait-il que la substance soluble refusât de perdre cette faculté lorsqu'elle est isolée des téguments, elle qui la perd, alors que les téguments l'emprisonnent? En vérité, les auteurs

devreient épargner à la science, la nécessité d'écrire des pages pour faire ressortir de pareilles contradictions. 2° La fermentation spontanée produit à la longue les mêmes effets que l'évaporation par couches minces, sur la substance soluble, et que la torréfaction sur les téguments; et pourtant, à l'époque à laquelle les téguments refusent de se colorer par l'iode, ils conservent encore toutes leurs premières propriétés physiques et chimiques. 3° L'iode colore en bleu l'intérieur de certains grains de *pollen*, dans lesquels on ne trouve pourtant pas un atome de fécule. L'iode, ainsi que beaucoup d'autres substances, colore en bleu la résine de gaïac, qui certes ne sera pas soupçonnée de posséder de la fécule. 4° Si l'on verse de l'ammoniaque caustique dans la substance soluble de la fécule en ébullition, celle-ci se coagule en longs rubans très-réguliers, et alors l'eau se colore en bleu par l'iode, comme auparavant, sans qu'elle paraisse renfermer en dissolution la substance gommeuse de la fécule. 5° Les progrès de la germination, chez les céréales, produisent, sur la substance soluble et sur les téguments que le calorique spontané a fait éclater, les mêmes effets que la fermentation à l'air libre; et notez que le périsperme étant alors fortement acide, on ne peut pas attribuer l'absence de la coloration bleue par l'iode, à la présence d'une base ou d'un alcali. Il arrive une époque, où les téguments, qui nagent dans le liquide nourricier, se colorent en purpurin très-clair par l'iode, et finissent même par ne plus recevoir aucune coloration par ce réactif. 6° Enfin, on trouve, dans les organes de certains végétaux, des granules analogues, en tout point, aux grenules d'amidon, qui remplissent les mêmes fonctions physiologiques, et qui ne diffèrent d'eux que par l'absence de la propriété de se colorer en bleu par l'iode.

Ces raisons péremptoires aux yeux du physiologiste, qui examine le développement, la transformation et l'analogie des organes, seront sans doute encore longtemps repoussées par les chimistes, qui, ne s'occupent que des substances brutes, se plaisent à multiplier les êtres, dans le but d'enrichir la nomenclature et la classification.

949. J'irai encore plus loin, et j'oserai avancer que l'iode ne colore la substance soluble, qu'en la coagulant et en l'assimilant ainsi, par sa contexture artificielle, aux téguments eux-mêmes. Nos plus forts grossissements sont encore trop faibles pour apercevoir les myriades de ces petits grumeaux; on pense alors que ce qui communique au liquide sa couleur bleue est une dissolution; mais il est facile de se convaincre que l'iode forme, dans une solution de substance soluble, des grumeaux appréciables et variant de dimensions jusqu'aux limites de nos grossissements; en continuant l'observation par l'analogie, on doit admettre l'existence de grumeaux inappréciables comme tels, et suspendus comme les autres dans le même liquide; or, ces derniers ne peuvent y exister, sans que l'eau en paraisse colorée. Quand nous agitons l'eau qui surmonte un précipité d'amidon intègre de pomme de terre coloré par l'iode, l'eau ne paraît-elle pas colorée à l'œil nu? Eh bien! ces grains colorés sont à l'œil nu, ce que les grumeaux infiniment petits sont à l'œil armé du microscope. Au reste, ce que nous disons ici de la coloration de la substance soluble de la fécule par l'iode, s'applique en général à toute autre substance colorante, et il faut admettre en principe, que toute dissolution dans l'eau ou dans tout autre menstrue incolore est incolore; et qu'au contraire toute coloration d'un liquide auparavant incolore indique une suspension.

950. Dans le cours de mes recherches relatives à l'amidon, j'ai rencontré bien des faits que j'ai omis de publier, parce que l'explication m'en semblait trop facile, et que je comptais beaucoup sur mes lecteurs. C'est un tort dans lequel tombent tous ceux qui poussent un peu loin leurs recherches; car il arrive tôt ou tard que ces faits, qui nous semblent d'une si petite importance, reviennent tôt ou tard à la science, sous un appareil plus solennel, faute d'avoir été une fois réduits à leur juste valeur par une phrase. Il nous faudra aujourd'hui plus d'une page, pour expliquer un fait semblable, que nous avions oublié de mentionner dans notre première édition.

Je m'occupais, en 1828, d'étudier l'action de l'iode sur la fécule, sous l'influence de l'ébullition; j'opérais dans une cornue en verre d'un litre à peu près de capacité; la coloration en bleu disparut dès les premiers instants, non pas faute d'iode, car après trois heures d'ébullition il s'en dégageait encore en si grande abondance, que le vent de la cheminée ayant rabattu, je n'aurais certainement pas manqué d'être empoisonné par les vapeurs, si la vapeur d'iode agissait sur tout le monde, comme un pharmacien de la capitale annonçait que cette substance avait agi sur lui (*); la chandelle s'étei-

(*) Assertion que je réfutai par cette expérience, dans le *Journal général de médecine*, tom. CIII, juin, p. 337; car, après avoir séjourné si longtemps dans ce foyer d'infection, je ne ressentis pas d'autre incommodité qu'un arrière-goût d'iode, j'avalai un verre d'eau alcalisée avec une larme d'ammoniaque, et je passai une excellente nuit.

gnait dans ce nuage de vapeurs. Par le refroidissement, le liquide, incolore pendant l'ébullition, reprenait la couleur bleue qui caractérise la réaction de l'iode.

Or, d'après tout ce qui précède, il sera facile de concevoir le mécanisme de l'influence de la chaleur sur ce phénomène de coloration. En effet, l'iode a encore plus de tendance à se volatiliser que d'affinité pour les tissus organiques. Abandonnez à l'air et à la température ordinaire de la fécule intègre colorée par une solution aqueuse d'iode, la fécule tombera au fond du vase, sous forme d'une poudre brune et insoluble; décantez l'eau, et laissez évaporer les molécules aqueuses qui imbibent le précipité; par suite des progrès de la dessiccation, la couleur bleue passera, par une série de dégradations, à la couleur violette, puis marron, puis rouge de brique, puis jaune; et au bout d'un mois, la poudre féculente aura repris sa primitive blancheur. Que si alors vous mouillez le précipité, il arrivera fréquemment que vous raviverez une couleur bleue assoupie dans les interstices des molécules de fécule, qui restait sans action, faute d'un dissolvant, et qui ne s'évaporait pas, faute de trouver un passage, à travers les parois qui l'emprisonnaient. Ainsi à froid, l'iode qui s'était d'abord porté sur la surface des grains de fécule et qui les avait revêtus d'une couleur bleue d'une plus ou moins grande intensité, à froid même l'iode s'en détache peu à peu, et se volatilise.

L'action de la chaleur accroît nécessairement cette tendance; la volatilisation de l'iode sera donc presque instantanée, dès les premières impressions du feu; car l'intensité d'une influence abrège la durée de son action. En conséquence, l'iode se détachera de la surface des grains de fécule, pour se redissoudre dans le liquide, et ensuite pour s'évaporer avec lui. Si on laisse refroidir le vase, l'iode se reportera nécessairement sur la fécule, comme le fait toute solution aqueuse de cette substance métalloïde; à froid la fécule se colorera de nouveau en bleu, pour se décolorer de nouveau à chaud, et ainsi de suite jusqu'à ce qu'il ne reste plus d'iode dans le liquide. On remarquera même que la coloration en bleu offrira d'autant moins d'intensité, que l'on aura soumis plus de fois le liquide à l'ébullition.

Que si, au lieu de porter le liquide à l'ébullition, vous l'arrêtez à 90°, il est évident que vous ferez durer plus longtemps les alternatives de coloration et de décoloration, puisque l'énergie de la volatilisation d'une substance est en raison de l'intensité de la chaleur.

Les éléments de cette explication si facile à saisir, se trouvaient disséminés à chaque page de nos expériences sur la fécule; ils ont échappé à la sagacité des observateurs qui sont venus après nous; car nous avons vu ce phénomène de décoloration se présenter, avec tout l'appareil d'une découverte inexplicable, en 1833 (*).

Il ne faut pas perdre de vue qu'une partie de l'iode est enlevée par les sels que peut renfermer l'eau la plus pure en apparence, par les sels que l'amidon le mieux lavé est dans le cas de retenir sur la surface de ses grains, enfin, qu'une autre partie, comme nous l'avions fait observer depuis longtemps, est transformée en acide iodique et hydriodique, en se combinant avec les éléments de l'eau; ce que l'on reconnaîtra en aiguisant le liquide d'une goutte de solution de chlore, qui remettra l'iode en liberté, lequel se reportera sur l'amidon et le colorera en bleu.

951. « On peut toujours obtenir la plus belle » couleur bleue, en traitant l'amidon avec un » excès d'iode, DISSOLVANT le COMPOSÉ dans la po» tasse caustique, et précipitant la dissolution par » un acide végétal (*Thénard*). — L'acide sulfu» rique concentré dissout l'iodure d'amidon, ainsi » que l'acide étendu; mais la dissolution obtenue » par le premier est brune et devient violette » quand on l'étend d'eau, tandis que la dissolu» tion dans l'acide affaibli est bleue. (*Berzélius*, » 1832.) »

952. La potasse, ainsi que tous les autres alcalis, enlève à l'amidon intègre l'iode qui le colore, pour former avec lui des hydriodates. Si dans cette opération le dégagement de calorique est suffisant, les grains de fécule éclateront, les téguments monteront en suspension, et la fécule paraîtra s'être dissoute en rendant le liquide opalin. Si au contraire le dégagement de calorique est insuffisant, la fécule restera au fond du vase, mais décolorée et avec sa première blancheur; l'acide qu'on ajoutera ensuite s'emparera de l'alcali; l'iode remis en liberté se reportera sur la fécule et la colorera de nouveau. Si cet acide produit lui-même assez de calorique pour faire éclater les grains, qui, dans la seconde hypothèse, n'auraient pas éclaté, il s'ensuivra qu'au lieu d'une poudre colorée au fond du vase, on aura un liquide plus coloré que la première fois, vu que l'iode aura à exercer son affinité, non plus sur les téguments seuls, mais sur les téguments et sur la substance soluble; car

(*) *Journal de pharmacie*, tom. IX, pag. 450, Lavoisier.

l'iode ne pénètre jamais jusqu'à la substance renfermée dans le tégument, tant que celui ci ne s'est point déchiré par le broiement ou distendu dans l'eau chaude. La même intensité de couleur aurait lieu, même avec l'aide d'un acide très-étendu d'eau, si la potasse avait déjà fait éclater les grains de fécule, en les décolorant. Il est inutile d'ajouter que dans ces deux derniers cas, si l'on a soin de tenir le flacon bouché, les téguments ne tarderont pas à se précipiter, sous forme d'une poudre bleue, mais qui ne se tassera jamais comme le ferait l'amidon intègre coloré par l'iode.

953. L'action de l'acide sulfurique sur la coloration du prétendu iodure d'amidon, tient absolument au même ordre de phénomènes. S'il est concentré, les grains de fécule éclateront, et la coloration sera plus intense que si l'acide avait été faible, puisqu'elle sera double dans le premier cas et simple dans le second. Or un bleu intense est brun en apparence.

954. « Th. de Saussure ayant abandonné à lui-
» même de l'amidon de froment réduit en empois,
» exposé à l'air libre, ou à une faible quantité
» d'air dans un flacon bouché à l'émeri, et cela
» pendant deux mois et même un an, a reconnu
» que, par cette fermentation spontanée, l'amidon
» s'était transformé en 1° sucre, 2° amidine,
» 3° gomme, 4° ligneux amylacé, 5° ligneux
» mêlé de charbons, 6° amidon non décomposé,
» 7° résine molle; et il a donné sur toutes ces
» substances des nombres précis, même avec des
» fractions. Il désigne sous le nom d'AMIDINE,
» une substance qui se colorerait en bleu par
» l'iode, mais qui ne se dissoudrait en toutes pro-
» portions dans l'eau qu'à 60°, qui ne formerait
» point de gelée avec l'eau bouillante, et dont la
» dissolution dans la potasse ne serait pas vis-
» queuse. Cette substance, obtenue après certains
» lavages et une suffisante dessiccation, serait
» blanche ou d'un blanc jaunâtre, très-friable, en
» fragments irréguliers, sans odeur, sans saveur.
» On l'obtiendrait, d'après lui, en jetant l'amidon
» fermenté sur un filtre, le lavant, le faisant re-
» dissoudre dans l'eau bouillante, et filtrant de
» nouveau. Le LIGNEUX AMYLACÉ s'obtiendrait de
» l'empois fermenté, en traitant le résidu non at-
» taqué par l'eau bouillante, avec dix fois son
» poids d'une lessive de potasse contenant $\frac{1}{12}$ d'al-
» cali, ajoutant de l'acide sulfurique faible à la
» lessive, pour en précipiter le LIGNEUX AMYLACÉ,
» qui se présente alors sous forme d'une légère
» poudre jaune, qui bleuit par l'iode, qui s'ag-
» glomère et devient noire par la dessiccation,
» et présente à l'état sec une cassure brillante et
» vitreuse. Le charbon forme le dernier reste, sur
» lequel l'eau, l'alcool, l'acide sulfurique, la po-
» tasse ont été sans action. » (*Thénard, Despretz, Berzélius* reproduisent et adoptent ces résultats si compliqués, et que nos expériences vont faire rentrer, de la manière la plus facile, dans la classe des illusions et des doubles emplois; cependant Berzélius n'a pas pu résister au besoin de puiser dans nos travaux précédents une explication qu'il a du reste altérée, au sujet du LIGNEUX AMYLACÉ. (*Traité de chim.*, art. *Amidon*, t. V, p. 204.)

955. Nous avons dit que, si l'on a la simple précaution de jeter une goutte d'alcool dans l'amidon traité par l'eau bouillante, ou, ce qui revient au même, si on a lavé à l'alcool la fécule, afin de la dépouiller des substances étrangères et résineuses, qui pouraient adhérer à sa surface, sa métamorphose en acide caséique n'a pas lieu. Il en est de même lorsqu'on l'expose au contact de l'air, sous forme d'empois épais, et que les téguments tassés ne sont point surmontés d'une grande couche d'eau (927). Or, voici ce qui est arrivé dans les expériences compliquées de Saussure.

956. Je ne parlerai pas de la résine, que l'auteur n'a certainement trouvée que dans l'amidon de froment, qui n'est jamais susceptible d'être obtenu à un aussi grand état de pureté que l'amidon de pomme de terre. Je reviendrai sur cette circonstance, en parlant de l'analyse des farines.

957. Les téguments se subdivisent à l'infini; et, en fournissant de l'acide carbonique et de l'hydrogène, aux dépens de leur tissu, ils deviennent de plus en plus rigides; l'empois deviendra donc de plus en plus liquide et moins collant. Une longue ébullition produit sur la fécule, sous ce rapport, le même effet que la fermentation, en subdivisant à l'infini ses téguments.

958. Le sucre, obtenu par Saussure en assez grande quantité de l'amidon du froment, existait en partie dans la farine; car il est impossible qu'une quantité considérable de ce sucre, pendant la durée du procédé des amidonniers, n'ait pas adhéré à la surface des grains intègres, et ne se soit pas emprisonnée, soit dans les téguments qu'a déchirés la meule ou la chaleur provenant de la fermentation du gluten, soit entre les divers grumeaux si tenaces de cet amidon. Outre cette portion préexistante du sucre, il s'en produit dans l'empois de froment, qui ne se produirait pas dans l'empois de fécule de pomme de terre, à cause du gluten qui

rxiste en grande quantité dans le premier et qui manque dans le second; car la fermentation du gluten, qui enfanta de l'alcool quand on l'associa avec le sucre, peut produire du sucre, associé aux produits et aux éléments de l'empois. Enfin nous pouvons assurer d'avance que, sous tous ces rapports, chaque expérience donnerait des nombres considérablement différents les uns des autres. Venons à l'AMIDINE et au LIGNEUX AMYLACÉ.

959. On peut obtenir l'AMIDINE de Saussure, immédiatement après l'ébullition de la fécule dans un grand excès d'eau. Si l'on jette l'empois sur un filtre multiple, la substance soluble passera limpide, et les téguments resteront sur le filtre; en les soumettant de nouveau à l'ébullition, les filtrant de nouveau, et enfin en les desséchant convenablement, on les obtiendra à part avec tous les caractères que leur assigne Saussure (913); car leur dissolution dans l'eau à 60° n'est qu'une suspension, et leur dissolution dans la potasse ne sera pas visqueuse, vu que la substance gommeuse ne sera plus là pour agglutiner les téguments contre eux. L'erreur de Saussure, erreur qui était plutôt le fait de la science que celui de la négligence de l'auteur, serait impardonnable aujourd'hui.

960. Le LIGNEUX AMYLACÉ est évidemment le produit de l'analyse et non celui de la fermentation; car Saussure, pour l'obtenir, a traité le résidu qui refusait de se dissoudre dans l'eau à 60°, d'abord par de l'eau chargée de $\frac{1}{12}$ d'acide sulfurique qui en a dissous une partie à l'aide de la chaleur, puis le dernier résidu par la potasse caustique, et par l'acide sulfurique étendu, afin de le précipiter de l'eau alcaline; et le LIGNEUX amylacé s'est présenté sous la forme d'une poudre jaune, bleuissant avec l'iode, s'agglomérant, devenant noire par la dessiccation, et présentant à l'état sec une cassure brillante et vitreuse. Le résidu, sur lequel a opéré Saussure, se composait évidemment de ces gros grumeaux, qui se forment toutes les fois qu'on jette dans l'eau bouillante la fécule en trop grande quantité, et sans l'avoir préalablement délayée dans de l'eau froide; ces gros grumeaux refusent de se tenir en suspension, comme le font les téguments isolés, à cause de leur pesanteur spécifique, et ils renferment toujours dans leur sein une certaine quantité de grains intègres qui ont été protégés, contre l'action de l'eau bouillante, par la couche plus ou moins épaisse des téguments soudés entre eux, qui les recouvre de toute part; car pour que les téguments de la fécule laissent passer la substance soluble, il faut non-seulement du calorique, mais encore la présence de l'eau. Aussi voyons-nous que Saussure a retrouvé, dans ces cinq expériences, 3, 4, 5 et même 9 pour cent d'amidon non dissous. Ensuite la potasse caustique altère les téguments à l'aide de la chaleur, comme elle altère le ligneux même; l'acide sulfurique ajoute encore à cet effet; il n'est donc pas étonnant que le précipité de téguments s'offre comme une poudre jaunâtre; d'un autre côté, quelque nombreux que soient les lavages sur le filtre, il m'a été démontré, par des expériences dont je parlerai plus bas en parlant de l'ulmine, que les téguments de la fécule, ainsi que tous les autres genres d'organes, soit végétaux, soit animaux, retiennent toujours une certaine quantité des bases ou des acides avec lesquels on a traité leur substance. Si donc vous soumettez le précipité resté sur le filtre à la chaleur de la dessiccation, l'action des bases et des acides sur leur tissu sera encore plus intense que dans la première circonstance, et cette action sera telle même qu'une grande quantité du résidu, celle qui avoisinera de plus près les parois échauffées, se réduira en grumeaux plus ou moins charbonnés. De là deux ordres de substance pour le chimiste: le LIGNEUX AMYLACÉ (téguments à demi charbonnés, mais se colorant encore par l'iode), et le CHARBON proprement dit (téguments tout à fait charbonnés et ne se colorant plus par l'iode). Mais il est nécessaire de faire remarquer que, si l'on veut répéter les expériences de Saussure, on obtiendra, en suivant la marche de son analyse, un aussi grand nombre d'*amidines*, de *ligneux amylocés*, etc., qu'on variera les circonstances et les procédés de l'opération (63).

961. La substance soluble ayant été dépouillée de la faculté de se colorer en bleu avec l'iode, sous l'influence de cette fermentation spontanée (923, 928), elle apparaît, dans les expériences de Saussure, sous la forme d'une gomme.

962. En conséquence, dans les expériences de Saussure, la seule substance que la fermentation ait introduite dans l'empois, c'est une certaine quantité de sucre; la seule qu'elle ait éliminée, c'est la substance colorable par l'iode de la substance soluble; toutes les autres y étaient déjà; et, les premiers jours de l'expérience, l'analyse les y eût retrouvées comme un mois, deux mois et un an après.

§ IX. *Réfutation des théories classiques ou plutôt officielles, qui ont suivi la première édition de cet ouvrage.*

963. Le succès inattendu du *Nouveau système de chimie organique* réveilla la colère académicienne, qui, depuis quelques années, semblait s'être assoupie, fatiguée de la lutte et impuissante à la discussion; l'auguste assemblée pensait du reste alors, que son silence était un anathème et un signe suffisant de proscription, et que tout le monde devait se taire sur un fait, lorsqu'elle n'en ouvrait pas la bouche. Mais les temps étaient bien changés; la liberté venait de souffler sur toutes ces belles prérogatives; la science, que ces messieurs gardaient si bien d'aventure, qu'ils l'empêchaient assez souvent de faire le moindre pas en avant, la science s'était émancipée, comme tant d'autres muses; et, profitant d'un instant de panique, elle échappa à ses pontifes, se mit à courir les rues, devisant, en langage fort intelligible, avec le premier venu, ce qui fit que le *nouveau système* rencontra des connaisseurs partout et fut jugé partout avec une impartialité non académique. L'Académie s'émut à ce succès, dont les fonda Monthyon n'avaient nullement fait les frais; elle fit courir en toute hâte après cet enfant de la nature, et lui offrit de l'adopter, de l'enrichir et de le revêtir de la robe qui immortalise. L'enfant, sans doute mal appris, répondit à la puissante dame : « Gardez votre or, et laissez-moi ma bonne et rustique mère, la nature, dont le lait m'a rendu fort, dont la pauvreté m'a rendu fier, dont la sagesse m'a rendu vrai; allez prendre vos académiciens ailleurs. » Et l'enfant court encore, gagnant des forces en courant.

964. Mais la haine se trouve au dos de l'amitié; vous repoussez celle-ci, il vous tourne de l'autre. A ce colloque, que personne n'avait entendu, l'Académie opposa un tapage d'ensemble, je dirais même un tapage de commande, ou un tapage officiel, si dans ce livre j'avais à envisager mon sujet, sous un autre point de vue que le point de vue scientifique.

965. Chevreul commença l'attaque, par un rapport historique, commandé de par l'auguste corporation, sur l'ensemble des travaux qui avaient eu jusqu'à ce jour pour objet l'étude des fécules. Chevreul se livra au travail, avec l'ardeur d'un homme qui a des griefs personnels à venger; il avait à faire expier à la fécule les duretés adressées à ses corps gras. L'honorable rapporteur compila, exhuma tous les bouts de note les plus ignorés et les plus insignifiants, élevant, c'était la consigne, ce qui était abaissé, afin de mieux abaisser ce qui était élevé. Mais il paraît que, dépassant les pouvoirs de la commission, il avait étendu son privilége jusque sur les travaux de ses illustres confrères; d'où il advint que la lecture du rapport souleva un orage, à la suite duquel le rapport fut soumis à la censure, dans le but d'en retrancher les malices qui s'y trouvaient à l'adresse des académiciens. Après avoir subi toutes ces coupures, le travail parut dans les *Mémoires du Muséum d'histoire naturelle*, 1834, où nous renvoyons ceux de nos lecteurs qui auraient quelques instants à perdre.

966. Pendant que le rapporteur se livrait à ces recherches, la table des matières des *Annales de chimie* à la main, l'Académie, impatiente, essayait d'un autre genre de malice, qui, jusqu'à ce jour, s'est trouvé tout aussi innocent que le premier. Craignant que, malgré le soin que l'on prenait de noyer la nouvelle théorie dans un déluge de notes et de citations, celle-ci ne vînt encore au-dessus de l'eau, on s'apprêta à l'écraser sous le poids d'une priorité authentique. On annonça, avec tout l'éclat de la publicité hebdomadaire, que Leeuwenhoeck, bien avant 1696, avait déjà découvert en entier la nouvelle théorie sur la fécule; ce qui fit dire à un mauvais plaisant, que les académies ne se rendent à l'évidence qu'après cent cinquante ans d'oubli; car, dans aucun livre de chimie, le nom de Leeuwenhoeck ne se trouvait cité au sujet de la fécule; et les livres de chimie n'avaient cessé de raisonner de la fécule, dans un tout autre sens, que celui dont l'érudition un peu tardive de l'Académie venait tout à coup de lui faire honneur. Voici comment Biot s'en exprimait dans la séance du 5 novembre 1832 : « Leeuwenhoeck a vu que le grain d'amidon se compose d'une *vésicule* et d'une *substance soluble* qui en est la partie nutritive, puisque, dans le canal intestinal des animaux, on ne rencontre plus que des coques ou vésicules; il a démontré l'existence de cette organisation, en soumettant de la fécule à l'action de la chaleur dans l'eau, il s'est convaincu qu'il sortait, de chaque grain, quelque chose de soluble également dans l'eau et dans l'alcool. » Les journaux politiques et scientifiques répétèrent tous textuellement cette citation; et, sous le manteau de Leeuwenhoeck, la découverte fut regardée comme incontestable; il n'y avait en effet qu'un nom proscrit qui s'opposât à son adoption. Nous demandons à nos lecteurs la permission de confronter la traduction académique avec le texte de

l'original ; peut-être en résultera-t-il, pour les latinistes, la preuve qu'on peut être académicien, professeur et même pair de France, sans trop connaître le latin, ce qui n'est certainement pas un grand défaut, quand on ne se mêle pas de vouloir l'expliquer à des élèves.

1° *Latin de* Leeuwenhoeck *traduit par l'Académie.*

967. 1° Pour que Leeuwenhoeck eût été dans le cas d'étudier l'organisation de la fécule, il aurait fallu que, de son temps, on eût connu une substance nommée fécule, ou isolée comme la fécule, quoique portant un nom différent. Mais, de son temps, on connaissant la farine, qui était alors une unité chimique ; et ce n'est que depuis Beccari qu'on a constaté, que la farine se composait de deux substances principales insolubles dans l'eau froide, le gluten et la fécule, et ensuite de gomme, de sucre, d'huile, de sels, sans parler du son, plus ou moins divisé, qui se rencontre en assez grande quantité dans les farines les plus pures. Du temps de Leeuwenhoeck, tout ce mélange assez compliqué s'appelait farine, *farina* (*) ; et l'auteur hollandais se servait de ce nom. Pour l'observer au microscope, il se contentait d'en placer une parcelle au microscope, et tout ce qu'il apercevait isolé, il le désignait sous le nom de *particulæ farinariæ*, *globuli farinarii*, *farinacea substantia*, ou bien *farinulæ* tout simplement. Il rencontrait ces globules, ces farinules, non-seulement dans les céréales desquelles on a extrait après lui l'amidon, mais encore dans tous les organes qui peuvent se réduire en farine, et chez lesquels aucun chimiste n'a jamais constaté la présence de la plus minime quantité de fécule ; par exemple, dans les semences du néflier (**) (*quod semen nos*, dit-il, *lapidea mespili nominamus*) dans celles des crucifères (***) (*Chærophyli observavi semen... ut farinacea substantia*, etc.) Or, dans ces dernières substances, les *farinulæ* sont des globules oléagineux. Ainsi Leeuwenhoeck confondait dans la même observation les substances les plus hétérogènes. En admettant donc que Leeuwenhoeck eût reconnu la structure de certains de ces granules, comment aurait-on pu prouver que ce qu'il avait vu au microscope se rapportait à la fécule, que dans la suite on isola en grand ? Si cela était facile, pourquoi MM. de l'Académie ne l'ont-ils pas constaté ? Pourquoi ont-ils pris si longtemps, pour des cristaux, des corps dont Leeuwenhoeck avait décrit la structure d'une manière si exacte ? Enfin, pourquoi a-t-il fallu dix ans d'une opiniâtre discussion, afin de leur faire adopter une idée, qui se trouvait consignée avec tant de clarté dans un livre si répandu et si souvent feuilleté ? A présent que nos expériences ont mis chacun à même de reconnaître la fécule dans une farine soumise au microscope, il est évident qu'on aura moins de peine à la reconnaître sur les figures grossies, qu'un observateur aurait faites de la farine, avant la découverte de l'amidon ? Mais celui qui publie des figures n'a rien découvert que ce qu'il figure. Vous dites que les globules qu'il figure sont de l'amidon ; mais pourquoi pas des globules de gluten, des globules mélangés de gomme et de sucre, enfin des globules oléagineux, qui, ailleurs, pour lui, sont des globules de farine ? En 1824, qu'auriez-vous répondu, si on vous avait posé ainsi la question ? vous auriez fermé le livre, en vous payant de l'adage d'alors, qu'au microscope, il y a beaucoup d'illusions dont on ne sait se rendre compte ; et vous seriez retournés à la cornue, pour précipiter et filtrer, et pour obtenir l'amidon sous forme de cristaux, venus de je ne sais où, et formés, vous n'auriez su comment. Si Leeuwenhoeck a découvert ce que, avant cette époque, vous n'auriez jamais pu reconnaître dans son livre, il faut admettre alors que Lavoisier n'a pas découvert l'azote, parce qu'avant lui on savait que la combustion du charbon asphyxiait ; il faut admettre que Papin n'a pas signalé la puissance de la vapeur, que Watt ne l'a pas transformée en levier, parce que chacun avait eu plus d'une occasion d'observer que la vapeur d'eau soulevait les couvercles de la marmite ; enfin, il faut admettre que Beccari n'a pas découvert le gluten et l'amidon, que c'est Leeuwenhoeck, au contraire, parce qu'il a été impossible à ce dernier auteur d'avoir la farine des céréales sous les yeux, sans voir, à son insu et malgré lui, du gluten et de la fécule. Pauvres académies, qui ont ordre de se venger d'un homme avec de tels subterfuges. Mais laissons là le subterfuge, et examinons avec quel bonheur la plus savante académie du monde explique le latin.

2° Leeuwenhoeck n'a point reconnu l'organisation et la composition du grain qu'il observait, et c'est par une série inexplicable d'hallucinations que

(*) *Epist. physiologicæ*, in-4°, 1719. Delphis ep. 29, p. 232.
(**) *Arcana naturæ*, epistola, 74, pag. 331 et 332. — *Continuatio epistolarum*, Lugduni Batavorum, 1696, pag. 11.
(***) *Ibid.*, pag. 35, ligne première.

Digitized by Google

le traducteur lui a prêté sur ce point une opinion précise.

Dans une première lettre, l'auteur avait, dit-il, découvert (*) que chaque globule, qu'il apercevait sous le microscope, en examinant la farine de nèfle, était muni d'un vaisseau (*vasculo sive vend*), par lequel la matière plastique venait passer, pour aller composer d'autres globules (*per quam protrusio ad plures partes conficiendas peragebatur*). Or, veut-on savoir ce que c'est que ce vaisseau ? c'est tout simplement l'effet de clair-obscur que la réfraction et la diffraction des rayons lumineux produisent, sur les globules hyalins observés au microscope, en sorte que Leeuwenhoeck aurait dû trouver ainsi trois ou quatre vaisseaux circulaires sur la bulle d'air plongée dans l'eau (voyez notre pl. 9, fig. 8 *f*). D'après Leeuwenhoeck, c'est par ces perforations vasculaires que les globules étaient enchaînés entre eux (*esse junctas*) (**).

Plus tard, Leeuwenhoeck se demande (***) si les globules de farine ne seraient pas enveloppés, comme le sont toutes les semences, d'une membrane quelconque (*membranulâ quâdam sint obvoluti*). Mais, ajoute-t-il, je désespère de pouvoir jamais rendre ce fait accessible à mes yeux (*verùm oculis meis unquam manifestandum esse non confido*); cependant plus bas il arrive à penser, par induction, que chaque globule était tout aussi bien vêtu d'une enveloppe (*cuticulâ*) (****), que le grain de froment lui-même; et, pour continuer l'analogie, il conclut que cette enveloppe revient s'enfoncer dans la substance, comme chez un grain de céréales, et que dans cet enfoncement longitudinal existe une solution de continuité, une *commissure* (*commissurâ quâdam conjungitur*), comme sur le grain de froment. Or, cette commissure, cette solution de continuité est un rêve sur le grain de froment et sur le grain de fécule. Chez le grain de froment c'est un enfoncement produit par la pression du rachis; et, sur le grain de fécule, le feu seul et à sec, est capable de produire la fente que Leeuwenhoeck a figurée avec prodigalité sur les globules qu'il observait, figures 12, 13. Jusque-là il n'y a qu'une induction fondée sur des illusions; or une découverte ne se fonde pas sur des aperçus illusoires.

3° Mais Leeuwenhoeck va plus loin, et il entreprend de soumettre au feu, sur une lame de verre, des globules de farine de froment nageant dans une goutte d'eau; et que découvre-t-il ? Il découvre que les globules s'aplatissent comme des gâteaux (*figuram adsciscunt planam et figuræ liborum assimilem*) (*****). Il répète plusieurs fois cette expérience sur diverses farines, il rencontre les mêmes figures et les fait dessiner; ce sont toujours des gâteaux et rien de plus; et ces gâteaux, dit-il, s'affaissent par le retrait de la commissure de la cuticule, ce qui est toujours le résultat d'une hypothèse. C'est alors, dit-il, que se montre bien, dans le centre de chaque gâteau, une protubérance, indice, d'après lui, du canal par lequel le suc nourricier a filtré des uns aux autres. Or, ici, ce canal imaginaire est encore un simple effet de réfraction. Ainsi l'eau chaude ne fait qu'aplatir, affaisser, élargir ces globules de farine d'après Leeuwenhoeck; et c'est là ce qu'on se donne le plaisir d'appeler la découverte de l'organisation de la fécule, substance dont Leeuwenhoeck n'avait pas même pu soupçonner l'existence et la nature.

4° Mais, disent les traducteurs, Leeuwenhoeck a vu que ces globules abandonnent quelque chose à l'eau et à l'alcool.

Or, premièrement, si Leeuwenhoeck avait vu quelque chose de semblable, il aurait mal vu; car la fécule n'abandonne rien à l'alcool. Mais cette version tient encore au point de vue qu'on a pris, pour interpréter la pensée de l'auteur; on s'est imaginé que Leeuwenhoeck, au lieu de soumettre à ses observations un mélange de gomme, sucre, résine, huile, fécule et gluten, mélange que nous nommons farine, n'avait eu sous ses yeux que de la fécule pure, comme l'est la fécule de pomme de terre que Leeuwenhoeck ne connaissait pas. Or, voici ce qu'affirme Leeuwenhoeck : *Cum hisce occuparer, adverti aliquid materiæ* A FARINA *transisse in aquam... pro aquâ adhibui spiritum vini, et... comperi aliquid materiæ à farina discessisse* (******); il n'ajoute pas un mot de plus; et le traducteur, au lieu de traduire le mot *farina* par *farine*, le traduit par globule d'amidon. Mais Leeuwenhoeck établit une espèce de différence entre la farine et les globules qu'il appelle *farinarii globuli, farinula*; et ici il ne cherche nullement à déterminer l'origine de ce que l'eau et l'alcool ont pris à la farine. Or, dans une substance aussi compliquée, par quelle complaisance d'interprétation

(*) *Arcana naturæ*, ep. 74, p. 332, 1695, fig. 20 H.
(**) *Ibid.*, p 333.
(***) *Epist. physiolog.*, ep. 26, pag. 235.
(****) *Epist. physiolog.*, ep. 26, pag. 236.
(*****) *Ibid.*, pag. 239.
(******) *Ibid.*, pag. 242.

attribuerait-on aux globules, dont Leeuwenhoeck ne s'occupe pas, une dissolution qui peut provenir du sucre, de l'huile, de la résine et même du gluten de la farine, toutes substances également solubles dans l'eau et dans l'alcool ?

5° Enfin, on nous dit encore que Leeuwenhoeck a réellement découvert que la substance soluble de la fécule en était la partie nutritive, puisque, dans le canal intestinal des animaux qui vivent de farine, il a trouvé des coques de ces globules. On est bien malheureux, quand, pour appuyer un triomphe d'amour-propre, on est forcé de tomber dans tant de contre-sens ! Leeuwenhoeck n'a rien dit, n'a rien vu d'analogue ; il est facile de le démontrer par les passages.

« J'ai voulu, dit-il, rechercher par quel moyen les grains de farine (*farinulæ*) (*) se résolvent en aliments (*resolcantur*) dans le corps des animaux ; à ce sujet j'ai soumis à mes investigations microscopiques les excréments des animaux qui se nourrissent de farineux, par exemple ceux des colombes, et j'y ai trouvé une grande quantité de globules de farine (*magnam farinularum copiam*), en outre des paquets entiers et intègres de farine (*integros solidosque farinæ fasciculos*) et enfin beaucoup de MEMBRANULES VIDES DE LEURS GLOBULES de farine (*multæ membranulæ... farinulis suis vacuefactæ*). » Le traducteur a pris le *membranulæ* pour ce que j'ai nommé *téguments de fécule*, et le *farinulis* pour ce que j'ai nommé *substance soluble* de la fécule. Cette traduction est large et un peu libre ; car, si l'on avait voulu lire plus attentivement, on aurait vu que, par *membranulæ*, l'auteur désignait des sacs glutineux remplis de grains de fécule, sacs qu'il a figurés d'après les pois et autres farineux, fig. 11 et suivantes, et que j'ai figurés à mon tour sur la pl. 6, fig. 19. Mais il n'y trouve pas même un grain affaissé en gâteau.

Je ne perdrai pas mon temps à faire ressortir la nullité des preuves, par lesquelles l'auteur admettait que les granules, qu'il observait dans les excréments, étaient identiques avec ceux qu'il avait observés dans la farine ; je ne hasarderai pas la supposition infiniment probable que les sacs, qu'il retrouvait dans les excréments, pouvaient bien être des fragments de la muqueuse des intestins ou de tout autre organe ; car la farine des céréales ne se désagrége pas, comme celle du pois, en sacs semblables. Il me suffit d'avoir prouvé que jamais il n'est venu dans l'esprit de Leeuwenhoeck de rencontrer, dans les intestins, rien d'analogue à l'organe qu'il n'avait jamais soupçonné, et que nous avons appelé *tégument* de la fécule (908).

Leeuwenhoeck était tellement éloigné de penser que chaque grain renfermât une substance soluble, qui seule eût été nutritive, qu'il ne sait comment expliquer le passage de ces globules farineux, dans le corps des animaux par la nutrition. *Nec satis capiebam quâ ratione tantum farinæ transire potuisset in corpus gallinarum, quæ omnino erant adultæ.*

6° Voilà donc à quoi se réduit cette citation annoncée avec une espèce de solennité à l'Institut, et reproduite sur parole par les feuilles périodiques. Leeuwenhoeck a vu les globules de la farine, et non de la fécule ; il les a vus, comme il avait vu les globules du sang.

Il a présumé que chaque globule de farine était revêtu d'une écorce, comme le grain de froment, et que cette écorce était perforée par un canal ; il a pensé que, dans l'eau chaude, chacun de ces globules ne faisait que s'affaisser en forme de gâteau.

Mais supposez maintenant que je me fusse présenté au public avec de pareilles observations, et que, voulant en faire l'application à la chimie, j'eusse avancé, sans autre preuve, que ces globules de la farine étaient de l'amidon, comment m'aurait-on accueilli ? On ne se serait pas fâché, mais on aurait ri ; et en vérité cela n'eût pas mérité un accueil plus sévère.

968. C'est là ce que nous disions dans la première édition de cet ouvrage ; nous ne l'aurions pas reproduit dans celle-ci, si ces messieurs avaient reçu ordre de se rendre à l'évidence, et de nous dispenser de leur donner cette petite leçon d'humilité. Mais tel n'est pas encore leur bon plaisir. Bénévole lecteur, prenez-vous-en de notre prolixité à la docte Académie ; et passons à d'autres réfutations, moins philologiques, mais non moins curieuses.

2° *Dextrine et Diastase.*

969. Nous réunissons dans le même chapitre, deux substances pseudonymes d'une nature différente, parce qu'elles ont une communauté d'origine et de date qui ne permet point à la philosophie de la science de les séparer ; l'histoire de l'une s'enchevêtre dans l'histoire de l'autre, tellement que la réfutation ne saurait en scinder les rap-

(*) *Epist. physiol.*, ep. 26, pag. 247.

ports, sans se jeter dans la confusion des rétiecences ou des doubles emplois. L'importance de ces deux créations nominales est tout académique et tout officielle; c'est la seule considération qui les recommande à notre attention et qui en motive la critique. S'il n'existait pas une Académie des sciences constituée comme la nôtre, il est certain que jamais auteur, quelque ordre impérieux qu'il en eût reçu, n'aurait osé, à chaque séance hebdomadaire, se jouer de la science, de la raison, et de l'attention des auditeurs, par les lectures les plus contradictoires, et les moins sérieuses; on n'aurait pas vu un membre de l'assemblée, commerçant peu heureux dans l'exploitation d'un établissement particulier de teinture, recommander en séance académique à l'industrie et aux capitalistes, une invention qui n'avait de nouveau que le nom, et que le prétendu inventeur se gardait bien d'exploiter pour son propre compte. Nos réflexions sont sévères sans doute; mais on ne manquera pas d'en reconnaître la justesse, après avoir lu nos explications. Quand les académies se mêleront de charlatanisme industriel, force sera bien à nous de ne pas nous attaquer seulement au charlatanisme scientifique (*).

970. Le déluge des lectures amylacées commença par une note de Biot, note qui avait le mérite de révéler un fait nouveau, un caractère d'un nouveau genre, auquel l'auteur eut le tort de donner un nom nouveau. Lorsqu'un rayon de lumière polarisée par sa réflexion sur un miroir, passe à travers un tube de verre plein d'un certain liquide, et qu'on le regarde à travers une plaque de tourmaline perpendiculaire au rayon, on trouve qu'il est dévié à droite ou à gauche de la direction qu'il suivait, quand le tube était vide de liquide; on dit alors que le liquide fait tourner, soit à gauche, soit à droite, le plan de polarisation. La déviation soit à gauche, soit à droite, augmente avec la densité du liquide et l'épaisseur de son volume. C'est cette propriété reconnue d'abord par Biot, dans le quartz, qui reçut de lui le nom de *polarisation par rotation*, et de Fresnel celui de *polarisation circulaire*. Biot, dans une nouvelle série de recherches, dont l'application date principalement du 7 janvier 1833, ayant soumis aux expériences de polarisation circulaire les divers sucs des végétaux, trouva que la *substance soluble* de la fécule obtenue par nos procédés (909), déviait à droite le rayon polarisé, mais avec une intensité triple de celle du sucre, et inférieure seulement à celle du cristal de roche. Dès ce moment, il se crut autorisé à nommer *dextrine*, la substance soluble que nous avions découverte dans la fécule, et à laquelle nous avions donné le nom de *substance soluble de la fécule*, ou celui de *gomme* de la fécule. Il n'entre pas dans nos goûts de soutenir qu'un mot est préférable à un autre, pour désigner une substance nouvelle; le sens de l'oreille a ses exigences, comme tous les autres sens, et les terminaisons argentines sont, en général, celles qui flattent le plus agréablement l'oreille. Nous ne défendrons pas ici les expressions qui indiquent une analogie, contre celles dont le mérite est tout entier dans l'euphémisme. Nous nous permettrons seulement de faire remarquer que, si jamais il se rencontre dans la nature organisée un suc qui détourne le rayon polarisé plus à droite que ne le fait la *gomme de la fécule*, on sera forcé de dépouiller cette dernière substance de son joli nom, pour en affubler l'autre; à moins qu'on n'ait la ressource alors des *hypo* et *hyper*, dont on se sert en nomenclature chimique, et qu'on ne dise *hypodextrine* et *hyperdextrine*, comme on dit *hyposulfurique*, *hyperchlorique*. Or, qui oserait établir que cette substance *hyperdextrine* ne se rencontre pas un jour? La théorie cosmogonique de Cuvier est une assez bonne leçon, pour ceux qui font ainsi, en histoire naturelle, leur *siége d'avance*. Nous ne dirons pas plus longuement toutes ces choses; mais nous signalerons, avec plus d'importance, le grave inconvénient qu'offre en philosophie chimique, la création d'un mot, fondée sur le plus ou le moins d'intensité d'un caractère, qui convient à une foule de substances des trois règnes, quoique l'auteur n'ait examiné aucune substance du règne animal. S'il y avait une si grande nécessité, ou une si haute convenance de changer le nom d'une substance, il fallait trouver un nom qui exprimât un rapport naturel.

971. Le mauvais exemple venu de si haut, ne tarda pas à porter ses fruits; et la *dextrine* enfanta, en trois ou quatre séances, l'*amidone*, l'*amidon* grand A, l'*amidon* grand B, l'*amidon* petit *a*, l'*amidon* petit *b*, l'*empois* au maximum, l'*amidin*, l'*amidine*, l'*amidin tégumentaire*, etc., etc.; et l'on vit les illustres de la société savante se partager un instant entre ces dé-

(*) Voyez au reste à ce sujet le *National* du 21 octobre 1833; et le *Bulletin scientifique et industriel du Rob moteur*, n. 8, col. 1; n. 21, col. 2; n. 28, col. 2; n. 90, col. 7; n. 97, col. 5; n. 104, col. 1. — Après ce tapage académique, tout fini devant un mot qui n'est pas parlementaire, nous l'accordons car il dit tout sans périphrase: c'est celui d'*embrouillage officiels*.

nominations, Dumas prenant parti pour l'*amidone* grand A et le grand B de Payen, son habile protégé, Chevreul pour l'*amidine* et l'*amidin* de Guérin son élève; et Biot cherchant à reconnaître et à maintenir en son rang sa *dextrine*, au milieu de tant d'appellations rivales. L'étiquette de l'Académie des sciences ne permet à l'amour-propre offensé que l'arme des œillades, et la riposte écrite; mais la société philomathique est le champ clos où se vident ces différends. C'est là que tous les *amidons* se trouvèrent en présence, dans la séance qui suivit celle du 5 mai 1835 de l'Académie des sciences (*). Que les champions se soient compris ou se soient fait comprendre par l'auditoire, c'est à ceux qui liront le compte rendu de ces débats à prononcer. Voici, pour nous, ce qui nous a paru de plus intelligible. « Vous avez tort, s'écriait » Payen, de dire que le *sirop de dextrine* est une » denrée de mauvaise qualité. M. Dumas en a pré- » senté un échantillon très-beau à l'Institut; » MM. Thénard, Sylvestre, Darcet, Chevreul, » Clément, ont reconnu au sirop fabriqué par » MM. Fouchard les mêmes caractères que M. Du- » mas. MM. Serres et Magendie ont trouvé que le » sirop de dextrine remplace avantageusement les » sirops mucilagineux. M. Gendrin a également » trouvé dans ce sirop les qualités mucilagineuses » qui devaient adoucir la limonade sulfurique em- » ployée avec succès contre les coliques de plomb. » La propriété hygrométrique du sirop de dextrine » permet de l'employer dans la confection des » rouleaux d'imprimerie, l'encollage des feu- » tres, etc. Il remplace avec économie, dans le » plupart de leurs emplois, les plus belles méla- » sses de canne, notamment dans la fabrication » des cirages, la préparation des pains d'épice et » de quelques pâtisseries, toutes applications pour » lesquelles la substance gommeuse (amidone dis- » soute ou dextrine), n'est pas moins utilisée que » le sucre. C'est la dextrine qui donne à la bière » la saveur légèrement mucilagineuse qu'on désire » dans cette boisson; et l'on confectionne, avec » les *sirops incolores de MM. Fouchard*, les » plus agréables bières blanches qui aient jamais » été préparées dans Paris; il est très-probable » qu'on l'utilisera dans plusieurs préparations ali- » mentaires, telles que les chocolats, qui seraient » ainsi plus légers, d'une saveur plus agréable, » et ne présenteraient pas cette consistance vis- » queuse que donne la farine. Dans la boulange- » rie de luxe, l'emploi du sirop de dextrine e » son utilité qui est constatée par la confection » même, et le placement de 5 à 600 pains de cette » sorte chez M. Mouchet. » A ces mots, que nous transcrivons du *Journal de Chimie médicale*, dont Payen était un des collaborateurs et action- naires, et que nous transcrivons avec la fidélité d'un courtier d'annonces, a ces mots un mauvais plaisant s'écria : « Dans un journal politique, ce *puff* vaudrait plus de mille francs. »

972. « Enfin, reprit Payen après cette interrup- » tion malencontreuse, malgré tant d'applications » considérées comme utiles par plusieurs savants, » par d'habiles manufacturiers et un grand nom- » bre de commerçants, il n'est plus douteux » qu'on ne pût retarder l'extension jusqu'ici ra- » pide de ces industries, en essayant de jeter de » la défaveur sur ces produits nouveaux; tant il » est difficile D'ÉDIFIER, et facile de DÉMOLIR, sur » un terrain sans cesse ébranlé par une activité » scientifique et industrielle toujours croissante. » Voilà le mot de l'énigme; ne nous en occupons plus sous ce rapport, et cherchons à nous faire une idée exacte de la filière par laquelle ces savants industriels ont passé pour arriver à ce feu roulant de découvertes si importantes, si contestées et si polyglottes. Nous demandons pardon au pays de ne pouvoir traiter sans rire un sujet scientifique, tout en faisant observer que la faute en est en grande partie au pays lui-même. Nous allons prendre notre sérieux, mais nous ne répondons pas d'être laconique; nous avons à réfuter plus que des erreurs, il nous faut attaquer des annonces.

973. Qu'est-ce que la DEXTRINE de Biot?

C'est la *substance soluble* (909) de la fécule, isolée de ses téguments; c'est la *substance gommeuse* la plus pure, à laquelle l'auteur a cru devoir donner ce nom, parce qu'elle tournait à droite le rayon polarisé, et cela avec une intensité plus forte que celle des sucs végétaux examinés par lui, mais inférieure à celle du cristal de roche. La DEXTRINE, en passant par les mains de Payen et Persoz, a conservé la pureté de son nom, mais non celle de sa nature; elle n'est dextrine que de nom et d'origine; on en jugera par les détails dans lesquels nous allons entrer, au sujet de la diastase.

974. Qu'est-ce que la DIASTASE?

C'est un aussi joli mot que la DEXTRINE; mais il a le malheur de venir du grec, et de signifier actuellement tout le contraire de son étymologie;

(*) Voyez le *Journal de chimie médicale*, tom. Ier, 2e série, p. 281-291.

en voici la raison : quand un membre ou un protégé de l'Académie des sciences désire imposer un nom grec à une substance, il s'adresse à un membre de l'Académie des inscriptions, qui lui coupe un mot grec, sur la taille de la découverte qu'on lui explique. Mais comme, pour faire choix d'un mot, il est nécessaire de connaître parfaitement la chose, et que le philologue ne connaît rien à la substance du chimiste, il se trouve que les mots grecs imposés par les savants, se distinguent par une bizarrerie toute particulière, et que, lorsqu'on désire remonter à leur étymologie, on constate qu'ils signifient tout le contraire de la définition. La DIASTASE n'a pas été plus heureuse, sous ce rapport, que l'ENDOSMOSE (808). Διαστασις signifie division, séparation; et en chirurgie, DIASTASE signifie luxation. La DIASTASE chimique doit donc être une substance qui divise, qui sépare, qui opère une luxation, une désarticulation. Or, d'après Payen et Persoz, dans leurs premières lectures (8 avril 1833), c'est sur l'amidon que la diastase exerçait cette puissance de division, qui ailleurs se nomme LUXATION. La diastase avait la propriété de faire éclater les téguments de la fécule, par l'élévation de température, et d'opérer le départ des téguments. Le 8 avril, les auteurs annoncèrent dans une lettre, qu'ils avaient eu le bonheur d'isoler cette substance, qui possédait à leurs yeux la rare propriété de faire crever les enveloppes de la fécule, et d'opérer le départ des téguments. » Cette substance, disent-ils dans leur » lettre à l'Institut (*), contient d'autant moins » d'azote, qu'elle approche le plus de l'état de » pureté, et possède d'ailleurs les propriétés suivantes : elle est solide, blanche, insoluble dans » l'alcool, soluble dans l'eau; sa dissolution est » neutre et sa saveur marquée; elle n'est point » troublée par le sous-acétate de plomb; abandonnée à elle-même, elle s'altère en peu de » temps et devient acide; chauffée à 65 ou 70° » cent., avec la fécule, elle possède le POUVOIR » REMARQUABLE d'en rompre instantanément les » enveloppes, et de mettre en liberté la dextrine, » qui se dissout facilement dans l'eau, tandis que » les téguments insolubles dans ce liquide, surnagent ou se précipitent, suivant la densité de » la liqueur. L'opération convenablement ménagée » donne la DIASTASE PURE; aussi, lui retrouve-t-on éminemment le grand pouvoir de rotation » qui la caractérise, et qu'on n'obtient à degré » égal par aucun autre procédé. Toutefois, la » solution de diastase, en présence de la dextrine, » peut convertir en sucre cette dernière substance, » pourvu que la température ne s'élève pas, durant leur contact, au-dessus de 70 à 75° cent.; » car si on la chauffe jusqu'à l'ébullition, on perd » la faculté d'agir sur la fécule et la dextrine. Ces » caractères suffisent pour faire concevoir le procédé par lequel on l'a obtenue.

» La diastase existe dans les semences d'orge et » de blé germés, dans les germes de pomme de » terre, où elle est toujours accompagnée d'une » substance azotée, qui, comme elle, est soluble » dans l'eau, insoluble dans l'alcool, mais qui en » diffère par la propriété qu'elle a de se coaguler » par la chaleur, de ne point agir sur la fécule, » et d'être précipitée de ses dissolutions par le » sous-acétate de plomb.

» La diastase s'extrait de l'orge germée, par le » procédé suivant : une partie d'orge est réduite » en poudre, et délayée dans deux parties et demie d'eau distillée. Après avoir fait macérer pendant quelques instants ce mélange, on le jette » ensuite sur un filtre. Le liquide qui en provient » est chauffé dans un bain-marie à 65°; cette température suffit pour en coaguler la matière azotée, qu'on sépare par une nouvelle filtration. » Le liquide alors ne renferme plus que le principe actif, et une quantité de sucre en rapport » avec les progrès de la germination. Pour séparer » ce dernier, on verse de l'alcool dans la liqueur; » la diastase, qui, par le fait de cette addition, » cesse d'y être soluble, se dépose sous forme de » flocons que l'on recueille, et qu'on dessèche à » une douce chaleur. On peut, pour l'obtenir plus » pure encore, la dissoudre de nouveau dans l'eau, » et la précipiter une seconde fois par l'alcool.

» Pour préparer la dextrine et les liqueurs sucrées, on fait usage d'orge germée, dans la » proportion de 5 à 10 pour 0/0 de fécule. Quand » il s'agit d'obtenir du sucre, on soutient la température au degré où l'action se prolonge; pour » avoir de la dextrine on pousse au terme de l'ébullition, qui fait cesser toute réaction. »

975. Nous avons pris soin de transcrire textuellement, afin de n'être pas exposé à mettre en saillie, sans le vouloir, tout ce que cette annonce renfermait de plus curieux, et qui méritait le mieux la prime officielle. Discutons maintenant la valeur de la découverte.

La diastase de Payen et Persoz se distingue par deux propriétés nouvelles dans la science, et extrêmement remarquables d'après eux : la première, qui est de faire crever la fécule et d'opérer

(*) *Journal de chimie médicale*, tom. IX, pag. 358, 1833. Note communiquée par les auteurs.

le départ des téguments ; la deuxième, qui est de saccharifier la fécule. Or, malheureusement, la première propriété lui est commune avec l'eau la plus pure ; en effet, si on élève la température de l'eau à 65 ou 70° cent. et qu'on y projette une quantité peu considérable de fécule de pomme de terre, les grains éclatent, la substance soluble et gommeuse se répand et se dissout dans le liquide, les téguments s'étendent en se vidant. Si l'on abandonne alors au repos ce mélange, en moins d'une demi-heure tous les téguments se précipitent au fond du vase; le liquide qui tient la substance gommeuse en dissolution redevient limpide comme l'eau pure; et, par la décantation, on obtient séparément les deux substances. Une goutte d'eau jetée dans le mélange avant son entier refroidissement, abrége de beaucoup la durée de la précipitation des téguments. Il est évident donc que cet effet appartient en propre à l'eau elle-même, et qu'il se reproduira, que cette eau soit pure ou tenant en dissolution d'autres substances. La diastase n'entre donc pour rien dans ce phénomène ; il paraît seulement que les auteurs de la découverte l'aperçurent pour la première fois, en mêlant l'amidon à une solution de leur diastase, et que, comme ils étaient pressés de lire leur note, ils n'eurent ni le temps ni la pensée de se livrer à des contre-épreuves, dont ils étaient sûrs d'avance au reste qu'à l'Institut, ils n'auraient pas besoin.

976. La seconde propriété, qui consiste à saccharifier la fécule est fort intéressante ; elle est incontestable ; mais malheureusement elle n'est rien moins que nouvelle. Elle revient de droit et sans modification aucune, sous le rapport industriel, à ceux qui ont inventé et perfectionné l'art de fabriquer la bière, et, sous le rapport scientifique, à Kirchoff, qui démontra, par les expériences les plus variées, l'influence qu'exercent, non-seulement les substances glutineuses, mais encore, en toutes lettres, la solution du *malt* d'orge, c'est-à-dire de l'orge germée, sur la saccharification de la fécule. C'est cette découverte qui a donné lieu aux distilleries de fécule ; l'on savait fort bien, depuis cette époque, que la fécule mêlée au gluten ou aux substances analogues était susceptible de donner un excellent sirop, et par une seconde fermentation, de l'alcool que l'on verse dans le commerce ; et les capitalistes, à qui l'on a vendu le brevet d'invention de Payen et Persoz, auraient pu arguer contre les vendeurs du sirop de dextrine, de l'article de la loi qui fait rentrer dans le domaine public toute découverte publiée préalablement dans les journaux ou dans les livres de science.

977. Les nouveaux inventeurs n'auraient certainement pas manqué de répondre que leur diastase différait du gluten en ce qu'elle est soluble dans l'eau, tandis que le gluten est insoluble. Ceci demande une explication qui nous obligera d'anticiper sur les développements, dans lesquels nous serons forcé d'entrer, en nous occupant de l'histoire du gluten ; mais cette objection, si elle était fondée, ne leur conférerait nullement le droit de la priorité ; elle les justifierait encore moins du plagiat.

978. Le gluten est insoluble dans l'eau pure, mais il est soluble en une certaine quantité dans l'eau saturée d'un acide ou d'ammoniaque ; or, dans la nature organisée si féconde en produits ou acides ammoniacaux, le gluten doit se présenter souvent sous cette forme soluble, et il n'a pu échapper à d'antérieures observations. Aussi, avant de se nommer *diastase*, avait-il reçu le nom de *gluten soluble* ou proprement dit, de la part d'Einhof et Berzélius, celui de *zimome* de la part de Taddei, celui de *légumine* de la part de Braconnot. Or, c'est principalement dans l'orge germée que le gluten subit cette apparente et trompeuse métamorphose. En effet, nous avons démontré en 1826 et 1827 (*), que dès que la graine germe, il se produit un acide énergique, qui est de l'acide acétique, et que dès lors le gluten perd sa consistance et que le périsperme féculent devient laiteux ; qu'il se compose peu à peu de gluten dissous dans l'acide et de téguments vides de substance soluble. Le résultat de l'action du gluten sur la fécule du périsperme est de la transformer en sucre, puis celui-ci en alcool, puis celui-ci en acide acétique. Les brasseurs arrêtent la fermentation aux deux premières phases. Ils font germer les grains d'orge jusqu'à ce que la plumule ait atteint un peu plus de la longueur

(*) Mémoire sur l'*hordéine* et le *gluten*, pag. 23, lu à l'Académie des sciences, le 3 juillet 1826, et imprimé, en 1827, dans les *Mém. du Muséum d'hist. nat.*, tom. XVI. — *Mém. sur les tissus organiques*, 2e partie, § 55, lu le 21 juillet 1826 à la Société d'histoire naturelle et à la Société philomathique, et imprimé en 1827, dans le tome III des *Mém. de la Société d'hist. nat. de Paris*. — Notre idée se trouve textuellement reproduite par Becquerel en 1833 (*Annales de chimie et de physique*, tom. LII, pag. 258). Colin et Edwards ont annoncé à l'Académie des sciences (1er avril 1833), qu'ils s'étaient rencontrés, en ce point, avec Becquerel. Il n'est pas permis aux membres ou aux aspirants de l'Institut d'avouer qu'ils se sont rencontrés avec des hommes inutiles. Nous nous souvenons, d'un autre côté, qu'en lisant, sept ans auparavant, nos deux mémoires ci-dessus cités, nous nous rencontrâmes, nous aussi, mais seulement face à face, avec ces trois auteurs, à la Société philomathique.

du grain ; ils dessèchent alors les grains, les réduisent en farine, qu'ils font dissoudre dans l'eau chaude. Cette farine se nomme le *malt ;* et la dissolution, dont les brasseurs connaissaient, avant cette pompeuse annonce, les propriétés saccharifiantes, c'est la *diastase*, la *zimome*, la *légumine*, etc.

979. Mais cette dissolution ne renferme rien moins qu'une substance immédiate et pure de tout mélange; et le gluten dissous par l'acide acétique y est associé à l'huile également soluble dans le même acide, à la gomme, au sucre, solubles dans l'eau, enfin, à tous les sels qui abondent dans les graines farineuses. La diastase de ces messieurs n'est donc qu'un mélange plus variable et plus compliqué de sucre, de gomme, de substance soluble de fécule, d'huile, de sels, et enfin de gluten, à qui appartient spécialement la propriété saccharifiante. Quand donc ces auteurs cherchent à produire du sucre par leur diastase, ils ajoutent de trop la fécule; car l'orge germée en possède, il nous semble, assez, sans y en ajouter de la pomme de terre ; et au lieu d'annoncer qu'ils allaient faire du sucre avec de la pomme de terre et du *malt* de bière, ils auraient dû se contenter d'extraire le sucre tout formé d'avance, et sans leur concours, dans le *malt* des brasseurs. Quelle singulière idée que d'ajouter de la fécule de pomme de terre à la farine des céréales, comme si celle-ci n'avait pas assez de son amidon! C'est pourtant là de la haute chimie appliquée aux arts et à l'industrie, aux yeux des académiciens commerçants (806), qui veulent RELÉGUER dans le domaine de la physiologie, l'histoire des substances qui ne sont que des organes ou des débris d'organes! etc.

980. On nous dispensera, sans aucun doute, de discuter le procédé par lequel ces messieurs croient obtenir la diastase pure, et le procédé plus curieux encore, par lequel ils pensent isoler la dextrine, par la diastase, bien plus purement que par l'eau pure. Tout cela dépasserait trop la plaisanterie. Nous n'ajouterons pas que nous avons eu l'occasion d'examiner leur prétendue diastase solide qu'ils disent blanche; elle était noire comme du jais, et recroquevillée comme de la colle de gélatine. Depuis dix ans nous élevons la voix, pour prémunir la chimie organique, contre les illusions des mélanges naturels ; nous étions bien loin de nous attendre à la voir nous répondre, en opérant elle-même des mélanges, afin de se ménager le plaisir de les donner comme des substances pures. Honneur à la chimie académique! elle a un procédé particulier pour avancer!

L'Académie des sciences, et cela par une raison qui n'est pas de la compétence de cet ouvrage, l'Académie des sciences avait accueilli avec trop de faveur la lecture de ces inconcevables idées, pour que les auteurs s'arrêtassent tout court dans une voie qui conduisait, par une pente si douce, à la gloire et au profit. Les productions de cette force affluèrent tous les huit jours au bureau du président ; la complaisance obligée de la docte assemblée s'épuisa à la peine; des mauvais plaisants proposèrent de nommer une commission spéciale pour étudier ce *choléra* d'improvisations amylacées, maladie qui affectait des caractères si variables et si fugitifs, et des colorations qui passaient, comme par un trait de plume, de la *cyanose* au blanc le plus pur; et les auteurs de ces variations épidémiques ne se rendirent au vœu de l'Académie, que lorsqu'ils s'aperçurent, au silence qui régnait autour d'eux, que chacun des assistants s'était bouché les oreilles. En vérité, il était temps que ce manége cessât ; sans quoi, un volume ne nous aurait pas suffi à expliquer à nos lecteurs comment il se faisait que nous avions fini, à force d'approfondir les élucubrations de ces messieurs, par les comprendre aussi peu qu'ils se comprenaient eux-mêmes; ce à quoi, du reste, ils ne paraissaient pas essentiellement obligés par le programme. Nous tâcherons de mettre un peu de clarté dans l'exposition des doctrines que nous sommes condamné à réfuter, en continuant à procéder par demandes et par réponses.

981. D. Qu'est-ce que l'AMIDINE de Guérin?

R. C'est la *substance soluble*, que nous avons découverte dans la fécule, que nous avions désignée sous le nom de *substance gommeuse*, à laquelle Biot a cru devoir donner le nom de *dextrine* (970) (*), nom que Payen et Persoz conservèrent à la substance soluble altérée par le *malt* de bière, qu'ils abandonnèrent ensuite après avertissement, pour celui d'*amidone*. Saussure avait donné le nom D'AMIDINE au précipité que nous avons démontré n'être composé que de légumens (959); ainsi la science possède aujourd'hui

(*) Guérin a cru trouver une différence entre son *amidine* et la *dextrine* de Biot, en ce que son amidine ne fermente pas avec le *malt d'orge germé* (*diastase* de ses noms). Guérin n'a sans doute pas employé assez de substance soluble, ou il l'aura retirée en l'isolant, ce qui est très-facile. La substance soluble de la fécule fermente tout aussi bien que l'empois, en contact avec toutes les espèces de gluten.

un mot qui signifie deux choses différentes ; elle en possède trois qui signifient la même chose. La partie de la science qui enregistre avec une religieuse sollicitude ces créations nominales, à côté du nom de leur créateur, se nomme synonymie : espèce de cimetière où chaque fosse à part a du moins sa croix et son épitaphe.

982. D. Quels motifs avaient les créateurs de ces locutions, pour préférer leur expression à l'expression précédente?

R. Le motif de voir leur nom survivre à leurs communications académiques, et venir se placer sous la plume même qui se chargerait de les biffer. Mais pourquoi alors remplacer la terminaison *ine* par la terminaison *one*? Ces messieurs ne nous ont pas révélé ce secret.

983. D. Qu'est-ce que l'AMIDIN VÉGUMENTAIRE de Guérin?

R. C'est l'assemblage des enveloppes de la fécule, que nous avions désignées sous le nom de *téguments*. Pourquoi *amidin* plutôt que *amidine*? L'épithète, en fait de nomenclature, indique une différence, le nom substantif indiquant une ressemblance; la première est un nom spécifique, mais le substantif est un nom générique ; si votre genre ne renferme point d'espèces, pourquoi un nom spécifique? pourquoi donc ne pas appeler l'un *amidin* et l'autre *amidine*? Nous sommes loin de prendre parti pour l'*in* ou l'*ine*, nous n'y tenons aucunement; nous voudrions seulement faire comprendre à ceux qui ont le privilége classique de bouleverser les nomenclatures, qu'il faut, du moins en cela, procéder d'après des règles que le public soit en état d'apprécier.

984. D. Qu'est-ce que l'AMIDIN SOLUBLE de Guérin?

R. C'est, d'après lui, l'AMIDIN VÉGUMENTAIRE même (tégument), que l'amidine tiendrait en dissolution, et qui, d'après le même auteur, serait identique, sous tous les rapports, avec l'amidin tégumentaire. Ainsi voilà encore deux substances qui sont identiques et différentes; voilà une substance qui change de nom, selon qu'elle est dissoute ou indissoute. L'auteur a certainement admis par supposition ce qu'il avance comme une certitude, car rien n'est moins soluble que la substance tégumentaire de l'amidun ; les téguments montent en suspension dans l'eau et y restent suspendus d'autant plus longtemps, qu'ils ont été plus divisés et déchirés par l'élévation de température et la durée de l'ébullition. Si l'on ne tient pas rigoureusement compte des caractères différentiels que nous avons assignés à la dissolution et à la suspension (937), on sera exposé à perdre de vue une masse de téguments qui existerait dans une solution amylacée. Outre les téguments, nous ferons mention (1005) d'un tissu cellulaire intérieur au grain de fécule, tissu bien plus ténu encore que les téguments, bien plus susceptible d'échapper à la vue, parce qu'il trouble moins la transparence du liquide, et qu'il reste encore plus longtemps en suspension que ceux-ci. C'est ce tissu qui tombe en flocons, après que les téguments se sont précipités sous forme presque pulvérulente. Lui donner un nom spécial, ce serait vouloir établir une distinction nominale entre un tissu jeune et un tissu plus âgé, entre la membrane qui commence et la membrane qui vieillit, entre le tissu extérieur et le tissu intérieur. La mémoire ne suffirait plus à cette nomenclature intarissable. L'AMIDIN SOLUBLE est donc un mot qui ne s'applique à rien ; c'est un double emploi de la même substance. Voilà à nos yeux une des meilleures preuves, que les protégés académiques ont procédé à l'étude de ces substances délicates, sans avoir pris soin de se faire la moindre idée exacte de l'histoire de leur développement; et nous serions tenté de croire que tout ce travail a été rédigé plutôt sur la table du cabinet que dans le laboratoire.

985. D. Quels sont les caractères distinctifs assignés à ces trois substances par leur inventeur.

R. Voici les seuls qui méritent une réfutation sérieuse :

1° L'amidon renfermerait :

Amidon tégumentaire,	2,96
Partie soluble dans l'eau,	97,04
	100,00

c'est-à-dire trois sur cent de téguments. C'est une grossière erreur, mais une erreur dont les pesées sont peu en état de rendre raison; car il est impossible à nos procédés actuels d'isoler complétement, et de la manière que l'exige une analyse élémentaire, les téguments, de toute la substance soluble qu'ils recélaient à l'état de leur intégrité. En effet, si vous ne poussez pas assez loin la durée de l'ébullition dans l'eau, si l'eau se trouve en trop faible proportion, la substance soluble ne sort qu'en partie du tégument. Si vous remplissez les deux premières conditions, vous divisez les téguments en parcelles susceptibles de rester très-longtemps en suspension dans la par-

tie soluble ; en sorte que dans ce cas, vous aurez un précipité tégumentaire moindre que dans le premier, et que, dans le premier, vous aurez un poids de téguments dont le raisonnement devra défalquer une quantité considérable de substance soluble. Nous déclarons que jamais aucun expérimentateur ne pourra se rencontrer avec les nombres ci-dessus, et que les différences entre les nombres de chaque expérience seront dans les dizaines; que la proportion enfin en poids des téguments isolés sera d'autant moindre que la précipité aura été amené, par l'ébullition prolongée, à un plus grand état de pureté. Les auteurs de ces sortes de nombres n'ont pas manqué, dans le cours de leur curieuse polémique, de nous fournir la preuve de la justesse de nos prévisions; car bientôt nous voyons Guérin avancer, sans se souvenir sans doute de son premier chiffre, que la substance tégumentaire forme les 22 millièmes de l'amidon, et Payen, à qui les chiffres ne coûtent jamais qu'un trait de plume, assurer hardiment que le tégument forme les 4 à 5 millièmes (*choisissez, s'il vous plaît*) du poids de l'amidon. Le microscope seul serait dans le cas d'offrir un moyen d'établir les rapports en volume du tégument avec la partie incluse, si nous possédions des grossissements assez élevés pour mesurer exactement l'épaisseur de l'enveloppe, qui échappe aujourd'hui par sa ténuité à toutes les mesures micrométriques. Mais alors une autre circonstance s'opposerait encore à l'exactitude du résultat; ce serait l'existence du tissu interne du grain de fécule, qui, avec quelque précaution que l'on procédât, ne manquerait pas de venir grossir le chiffre de la partie soluble, en se confondant avec elle par une identité de pouvoir réfringent. Il est, dans la nature, des rapports que l'on doit se garder d'établir autrement que par la pensée ; ce sont les rapports fugitifs du développement organique; ici les nombres les plus exacts ne sauraient avoir de valeur que dans une fraction de temps incommensurable; car au moment où le chimiste achève sa lecture académique, la nature a déjà progressé d'un pas de plus, et elle n'a plus les traits que l'on vient de décrire.

2° L'analyse élémentaire, que l'auteur assure avoir bien faite, de chacune de ces substances, lui a donné les nombres suivants :

	Carbone.	Hydrogène.	Oxygène.
Amidine	39,72 ?	7,13	53,15 ?
Amidin	52,74	6,59	40,67
Amidin tégumentaire	53,64	6,26	40,67

Ces nombres, sur le papier, figurent avec une certaine assurance ; mais si l'on se rappelle les résultats obtenus par Prout (803) sur le même amidon plus ou moins desséché, on sera tenté de ne voir dans ces différences qu'une différence de dessiccation, l'amidine ayant été soumise à une dessiccation moins prolongée que l'amidin, et l'amidin que l'amidin tégumentaire, deux substances différentes quoique identiques. Ces nombres n'ont rien de vrai ; ils ne se présenteront pas deux fois sur mille analyses opérées avec le plus de conscience. Du reste, l'auteur finit par avouer que son amidin tégumentaire n'était pas pur ; mais alors pourquoi consigner des nombres dans un mémoire, et surtout dans l'ouvrage classique de chimie élémentaire, que Thénard a enrichi d'un *Essai sur la philosophie chimique?* On a connu, à Paris, deux chimistes fort vantés l'un par l'autre, qui, lorsqu'ils travaillaient en commun sur un sujet, étalaient devant leurs yeux les travaux les plus récents sur la matière, alignaient les chiffres obtenus par les divers auteurs, en prenaient la moyenne, et la publiaient ensuite comme le résultat de leurs expériences propres; et la science ne perdait certainement rien à enregistrer cette moyenne, qui faisait un aussi joli effet que les nombres précédemment publiés ; puis suivait une petite dissertation, pour discuter la valeur des nombres donnés par les uns et par les autres, pour faire voir de quel auteur ils se rapprochaient le plus. Jamais nos illustres aristarques n'ont élevé le moindre doute sur le mérite de ces élucubrations ; elles étaient enregistrées immédiatement après la lecture ; et Berzélius, au bout de l'année, les consignait dans ses *comptes rendus*, comme des travaux dignes de figurer à côté des siens. Nous ne dirons pas que les nombres de l'amidine et de l'amidin aient été jetés sur le papier par le même procédé ; mais, de quelque coup de dé qu'ils soient sortis, nous invitons les chimistes de l'époque moderne à les considérer comme non avenus, et comme ayant été, même d'après l'aveu de l'auteur, obtenus un peu trop vite. Depuis le procédé de Liebig (269), nous sommes inondés d'analyses élémentaires de ce genre de mérite.

3° Quant aux caractères physiques assignés, par l'auteur, à ces trois prétendues substances, nous n'irons pas perdre notre temps à les énumérer ; ceux qui sont vrais étaient connus amplement depuis notre premier travail ; ceux qui sont faux sont par trop légèrement hasardés. Ainsi, d'après l'auteur, l'amidin tégumentaire fournirait

un peu plus d'acide oxalique par l'acide nitrique, un peu moins de sucre par l'acide sulfurique, que ne le ferait l'amidine; il faut en vérité être bien sûr de ne pas rencontrer la moindre contradiction académique, pour se permettre de pareilles assertions. Cependant il est une justice à rendre à l'auteur de ces idées, c'est qu'il a du moins procédé par des expériences avant d'annoncer des résultats, c'est qu'il a du moins vu ce qu'il a mal vu, qu'il s'est trompé, mais n'a pas cherché à tromper. Dans ce chapitre nous n'en dirons pas autant de tout le monde; et nous parlerons franchement, afin de délivrer la science de cette peste de travaux de commande, que l'on apporte tous les huit jours à la docte assemblée, que l'on taille, que l'on rogne, que l'on allonge à chaque séance, selon les goûts des patrons. Il faudrait mettre une bonne fois au ban de la science ces esprits, ou serviles, ou mal faits, qui changent d'idées toutes les quinzaines, refont leurs mémoires tous les cinq ans, en ayant pourtant soin d'en conserver la date stéréotypée au frontispice, qui assurent aujourd'hui ce qu'ils ont nié hier, et ce qu'ils renieront demain, et qui, en disant sur tous les sujets le pour et le contre, sont toujours sûrs de pouvoir réclamer la priorité d'un fait démontré. C'est là une plaie hideuse de nos institutions scientifiques, et dont on limite à peine la marche envahissante par deux ou trois cents pages de réfutation.

986. Passons aux découvertes progressives de Payen (*). La plume nous a tombé plus d'une fois des mains, avant de nous décider à écrire la première ligne de ce paragraphe. Comment réfuter, en effet, de pareilles choses ? par quel bout les saisir? par où commencer qui ne soit la fin ? quelle chose attaquer que l'auteur aussitôt ne rétracte? et comment garder son sérieux, entre Payen invoquant l'autorité de Dumas, et Dumas faisant l'article, en pleine académie, un rouleau du sirop de Payen à la main ! Qu'il nous suffise de transcrire ces choses séance par séance; ne cherchons pas à tuer des idées qui se suicident.

« SÉANCE PREMIÈRE. — La DIASTASE (974) fait » crever les téguments et les précipite (975) en les » séparant de la DEXTRINE (970).

» DEUXIÈME SÉANCE. — La diastase transforme » la fécule en sucre, c'est le *malt d'orge germé* » obtenu à l'état de pureté.

« TROISIÈME SÉANCE (**). — La DEXTRINE (970), » obtenue à l'aide de 0,0005 de diastase, peut être » séparée en trois matières différentes, par plu- » sieurs procédés, dont, disent les auteurs, nous » ne décrirons que deux. La dextrine sèche, inco- » lore, diaphane, devient opaque dans l'eau » froide, devient opaque en s'hydratant. Jetée sur » un filtre, elle y laisse une matière A, qui, lavée » et desséchée à froid, est transparente, en cou- » ches minces. C'est celle dont la présence facilite, » comme celle d'un corps solide interposé, la des- » siccation à froid des deux autres matières: elle » s'hydrate, en devenant opaque dans l'eau. EN » CET ÉTAT, elle se dissout dans l'eau à la tempé- » rature de 65°, tant qu'elle retient des téguments; » elle se précipite par le refroidissement; et la so- » lution AYANT PLUS OU MOINS OPAQUE, suivant » qu'elle est plus ou moins rapprochée; l'alcool » HATE et COMPLÈTE sa précipitation. Pendant la » réaction prolongée de la diastase sur la fécule, » elle se convertit graduellement en sucre, et » enfin la solution ne se trouble plus en se refroi- » dissant. *Cette dernière observation a une* » *grande importance* relativement à la fabrica- » tion de la bière et à quelques autres applica- » tions ! La matière A, traitée à la température » de 65 à 75° avec l'eau et la diastase, se con- » vertit ÉGALEMENT en substance sucrée. La » solution aqueuse limpide, obtenue à froid, re- » tient encore de la matière A, que l'on sépare, » en grande partie, en alcoolisant le liquide, » au point de précipiter un peu de la matière » soluble.

» Alors on filtre, on ajoute de l'alcool à 30°, » jusqu'à cessation du précipité.

» Ce précipité SÉCHÉ, AMAISSOUS, donne, par » une nouvelle dessiccation, une matière B COM- » PLÉTEMENT SOLUBLE A FROID DANS L'EAU ET DANS » L'ALCOOL FAIBLE, DIFFICILE A SÉCHER, ET FOR- » TEMENT AMÉSENTA, TANT QU'ELLE RETIENT UN » PEU D'EAU; INSOLUBLE DANS L'ALCOOL, COLORÉE » EN VIOLET PAR L'IODE, tant qu'elle retient de la » matière A. On parvient à l'en PRIVER COMPLÈTE- » MENT, en faisant RÉAGIR LA DIASTASE (974) QUI » PORTE AU SUCRE; on dissout ce sucre par l'al- » cool, etc. La matière B, ainsi purifiée, ne fait » plus virer au bleu ni au violet la nuance de la

(*) D'abord Payen travaillait en commun avec Persoz, dont il avait, à ce qu'il paraît, la signature scientifique en blanc. Mais ce dernier, après les deux ou trois premières lectures, s'empressa de déclarer publiquement qu'il abandonnait son collègue à sa propre responsabilité, et qu'il ne revendiquait plus rien de ses découvertes ultérieures.

(**) *Journal de chimie médicale*, t. IX, p. 505, 1833.

» solution d'iode (961). La solution alcoolique est » distillée et séchée; le résidu redissous et desséché présente une matière sucrée C, différente de » celle que donne la réaction de l'acide sulfurique » sur la fécule, qui n'est pas colorée sous l'influence de l'iode, qui fermente et donne de l'alcool sans mauvais goût, qui n'est pas précipitée » par la baryte, tandis que la matière A présente » ce dernier phénomène, avec des circonstances » curieuses, SUR LESQUELLES NOUS REVIENDRONS » plus tard.

» Ces trois substances, soit ensemble, soit isolément, ou réduites FACILEMENT à deux, offrent, » dans les arts industriels, les NOMBREUSES APPLICATIONS que nous AVONS DÉJA SIGNALÉES.

» QUATRIÈME SÉANCE (*). — Avant nous (Payen » et Persoz), la théorie de l'empois était inexplicable. Voici la structure et la composition intime » de la fécule mise en évidence, par nos résultats, » et qui s'accordent avec toutes les observations » bien faites!

» Chaque grain entier est enveloppé d'un tégument qui renferme lui-même la substance A, » sèche ou hydratée. Le tégument et le tissu intérieur sont perméables (984). EN EFFET, dans » l'air humide la fécule sèche se gonfle! et absorbe » plus de 0.2 d'eau, sans être mouillée à l'extérieur. La solution d'iode et la diastase traversent » aussi ces enveloppes! La fécule chauffée dans » l'eau absorbe aussi ce liquide par degrés. Sa » substance A se gonfle, en s'hydratant de plus » en plus, et fait distendre le tégument. A 65° une » partie de cette substance se fait jour au travers » des déchirures (911) des enveloppes, et sort en » proportion d'autant plus considérable que sa » viscosité est plus diminuée par une plus grande » quantité d'eau.

» CINQUIÈME SÉANCE (**). — La fécule, par un » broyage prolongé, des lavages et rapprochements successifs, subit une altération notable; » car ni la portion entraînée, ni les résidus, ni » les trois parties ensemble ne représentent point » les propriétés de la fécule. Ainsi réunies ou divisées, elles ne donnent plus les mêmes quantités » d'empois, ni la même coloration par l'iode. Des » réactions nombreuses et CONCORDANTES ne peuvent laisser le moindre doute sur l'existence de » l'amidine dans les trois parties de la trituration, » comme dans les trois produits plus altérés de » l'ébullition. D'où l'auteur conclut que l'*amidin* » tégumentaire (983) n'existe pas, comme substance immédiate différente de la fécule, que » l'AMIDINE SOLUBLE n'existe que comme une quantité variable, extraite de l'intérieur de la fécule; » que l'amidine ne préexiste pas, c'est un produit de l'altération par l'eau, le broyage ou la » température.

» SIXIÈME SÉANCE. — Les téguments arrondis et » extensibles de la féeule se composent d'amidone » douée de plus de cohésion que les parties extérieures plus récemment formées.

» SEPTIÈME SÉANCE (***).—La fécule et l'amidon » forment un principe immédiat organique, dont » les couches externes offrent plus de cohésion et » plus de résistance à divers agents que les cou» ches intérieures, sécrétées PLUS ABONDANT sans » doute. Les couches enveloppantes, épaisses, » tenaces, spongieuses, constituent les téguments » dilatables et contractiles, qui peuvent ainsi con» server des formes arrondies, en changeant de » dimensions... L'amidone, insoluble à froid dans » la fécule et l'amidon, peut CEPENDANT se gon» fler, au point de rompre ses couches enveloppan» tes. L'amidon tégumentaire ni l'amidon soluble » ne présentent pas de grandes différences. Il n'y » a pas entre eux isomérie, mais une identité que » dissimulait l'état VARIABLE ou ACCIDENTEL de » cohésion ENTRE LES PARTIES de l'amidone, son » altération et les corps étrangers y adhérents. »

987. Nous terminons là, pour reprendre notre sérieux dans les paragraphes suivants. Ces sortes de lectures hebdomadaires seraient devenues interminables, si la presse ne leur avait pas adressé à propos quelques coups de sifflet (969), sans lesquels l'Institut ferait semblant d'écouter encore. Réfuter un pareil verbiage, qui, à chaque séance, avait l'air d'avoir été dicté ou écrit un quart d'heure auparavant sur le coin du bureau, ce serait vraiment porter trop loin encore la déférence et la résignation de la critique. Nous avons copié textuellement les phrases dans le journal de l'auteur; que nos lecteurs les comprennent, s'ils le peuvent!

988. « Dans la séance du 12 janvier 1837, Biot a annoncé qu'en transmettant de la lumière polarisée à travers les globules de fécule de pomme de terre, sur le microscope, les globules, dont la

(*) *Journal de chimie médicale*, t. IX, p. 569.
(**) *Ibid*, tome 1er, 2e série, page 31.
(***) *Journ. de chimie méd.*, t. 1er,

transparence est aussi parfaite que celle du plus pur cristal, exercent une action dépolarisante qui dépend de leur constitution intérieure, laquelle, d'après cela, ne saurait être homogène et uniforme, comme celle d'une goutte d'eau ou de verre fondu à la lampe, mais se montre, au contraire, assujettie à des relations de structure déterminée par l'organisation. L'effet absolu de cette action dépolarisante est moindre dans les plus petits globules que dans les plus gros; dans un même globule, il varie avec l'épaisseur des parties que la lumière traverse, comme aussi avec le sens de transmission; de sorte que les particularités de la configuration se voient ainsi indiquées et dessinées par les sinuosités correspondantes des lignes lumineuses, précisément comme si le globule était opaque. »

989. Que les grains de fécule soient transparents comme le plus pur cristal, ce n'est certainement pas ce que le procédé de Biot a fait découvrir (885); ce n'est pas non plus une découverte que la structure hétérogène du grain de fécule (896), et que l'existence des rides sinueuses qu'on observe à certains microscopes sur chacun de ces grains (891); si les résultats de Biot établissaient quelque chose, ils ne feraient que confirmer ce qui était établi auparavant, par des moyens plus précis. Mais l'expérience de Biot sur la dépolarisation de la lumière par le grain de fécule, manque de toutes les précautions, dont on a garde de se dispenser dans les expériences en grand. En effet, avant de procéder à l'étude des phénomènes de la polarisation de la lumière, il faut pouvoir mesurer les angles, que fait le rayon lumineux avec les surfaces réfléchissantes ou réfringentes; il faut surtout connaître les rapports de surface des corps réfringents, des facettes d'un cristal, par exemple. Or, ici, il n'y a plus possibilité d'établir ces données sur des globules qui s'inclinent au porte-objet par le moindre mouvement, et surtout des globules arrondis de la manière la plus variable et la plus irrégulière. Si, lorsqu'on éclaire ces granulations, par transmission des rayons lumineux, on perd de vue ces diverses circonstances, on sera exposé à voir un effet de double et même triple réfraction, dans le résultat de la réfraction de deux ou trois bosselures de la surface du grain de fécule; d'un autre côté, le grain de fécule, soumis au microscope, ne saurait être assimilé, en fait de réfraction, à un corps réfringent soumis à l'œil nu. Le grain de fécule est une lentille réfringente, dont on étudie la forme avec un système compliqué de lentilles, et par la transmission des rayons lumineux. Or les rayons qui l'éclairent ne profiteront à la vision microscopique, qu'en tombant parallèlement les uns aux autres, sur la surface inférieure de la lentille objective; la moindre déviation plongera l'œil de l'observateur dans l'obscurité, en dirigeant hors de l'axe du tube les rayons émergents qui éclairent le grain fécuient; en sorte que si, sans déplacer ni le miroir réfracteur, ni le porte-objet, on pouvait amener l'axe du tube dans l'axe du faisceau émergent, on trouverait que la lumière passait librement à travers le grain de fécule, qui, dans la première position du tube, paraissait opaque et tout noir.

Il ne faudrait pas croire que toutes les conditions de l'expérience soient remplies, après avoir disposé le miroir réfracteur (454), de manière à ce que la lumière des nuages passe librement du grain de fécule dans l'axe du microscope. Si ensuite, au lieu d'employer à l'éclairage la lumière naturelle, vous projetez sur le miroir la lumière polarisée, les différences que vous observerez entre la première et la seconde image microscopique, pourront tout aussi bien venir du phénomène de la polarisation, que des angles du rayon incident sur la surface du miroir. Car il est facile d'observer au microscope, ce que la théorie démontre, savoir que les objets s'éclairent ou rentrent dans l'ombre, au plus petit changement de direction du corps lumineux. Or si, après que j'ai braqué mon miroir sur un nuage, je projette de la lumière polarisée sur la surface de la glace, j'éclairerai nécessairement mon objet dans une tout autre direction; et comment déterminer à nos microscopes l'amplitude de toutes ces inclinaisons, à l'effet d'établir les rapports de la réfraction microscopique avec la réfraction en grand? Ajoutez que l'expérience se complique encore bien davantage, si on fait usage du miroir concave. Ainsi, les faits annoncés par Biot, sont susceptibles d'une explication toute différente; et cet essai d'expériences a été beaucoup trop hâtif, et d'un vol un peu trop hardi au début.

990. Nous terminons là la critique des opinions qui, à l'époque de l'apparition de notre première édition, se sont rabattues comme une avalanche, sur la docte assemblée dont nous avons l'honneur de n'être pas l'ami. Nous prions une seconde fois nos lecteurs de nous pardonner le nombre de pages que nous venons de consacrer à la réfutation de pareilles choses; nous les supprimerons à la prochaine édition; mais on ne saurait se dispenser de donner une fois place à des absurdités qui parlent de si haut. Nous allons passer à l'étude physiologique des grains de fécule.

Digitized by Google

§ X. *Disposition des grains de fécule dans l'intérieur des cellules végétales. — Fécule singulière du* Typha (*) *et du* Trapa natans.

991. On ne trouve les grains de fécule que dans l'intérieur des cellules du tissu cellulaire qui ne sont point tapissées de substance verte. Les vaisseaux, trachées, interstices, les cavités déchirées n'en renferment jamais. La moelle des troncs, le périsperme et les cotylédons des graines sont les organes dans lesquels on rencontre plus fréquemment cette substance.

992. Il est facile d'observer la configuration des cellules allongées et à facettes, qui renferment la fécule chez les céréales, en coupant longitudinalement, et par tranches extrêmement minces, le périsperme de l'orge. Les tubercules de la pomme de terre, observés par le même procédé, fournissent à l'observation des résultats plus distincts, les cellules hexagonales étant plus rigides que celles des céréales. Si l'on écrase sur le porte-objet, des fragments de pois verts, qu'on aura préalablement soumis à l'ébullition, pendant quelques heures, on en voit toute la substance se déliter pour ainsi dire sous la pression, et se résoudre en grandes cellules pyriformes, allongées, dont les unes sont remplies de grains de fécula (pl. 6, fig. 19 *a*) que l'iode colore en bleu, et dont les autres, qui ont été déchirées par le froissement, sont presque vides ou ne retiennent que des granulations d'un plus petit calibre (*ibid. b*). Ces grandes cellules grosses de fécule ont en général $\frac{1}{3}$ de mill. en longueur sur $\frac{1}{10}$ en largeur.

993. Cette circonstance se représente spontanément et d'une manière assez curieuse, lorsqu'on déchire dans l'eau les rhizomes (**) de *Typha* (Massette de nos étangs). On trouve bientôt au fond du vase une couche féculente. Le liquide qui la surmonte est saturé d'une substance gommeuse et mucilagineuse qui, au contact de l'air, prend une teinte d'un rouge tendre (***); la fécule, exposée à l'air, contracte aussi, presque instantanément, la même teinte, qu'elle abandonne de nouveau dans l'eau ; l'iode ne la colore que faiblement alors, et cela encore en verdâtre et non en bleu. On ne tarde pas à s'apercevoir, à la température ordinaire, que la fermentation s'établit, par des bouffées, qui amènent, à la surface du liquide, des nuages blancs, qui se désagrégent peu à peu, en retombant dans le fond du vase.

994. Ces granulations féculentes possèdent un calibre assez fort pour être observées à la loupe. Mais à un grossissement supérieur, on obtient l'explication la plus évidente de la cause, qui produit la fermentation et la couleur rougeâtre que contracte cette espèce de fécule au grand air. Car, au lieu de grains ordinaires d'amidon (885), on a alors devant les yeux de grands sacs, ou plutôt de grandes cellules (pl. 6, fig. 17, *a*) plus ou moins remplies de grains arrondis et pressés les uns contre les autres. Un assez grand nombre sont vides de ces grains (*c*). L'iode colore en jaune les grandes vésicules, et en bleu les grains dont elles sont remplies, ce qui à l'œil nu produit la couleur verdâtre (*b*).

995. On a donc alors devant les yeux les cellules elles-mêmes du tissu cellulaire du rhizome, qui se sont isolées nettement par la désagglutination de leurs parois respectives, et qui recèlent dans leur sein, en plus ou moins grand nombre, les grains d'amidon que chacune d'elles a élaborés.

996. Ces téguments ligneux du *typha*, plus ou moins ovales, plus ou moins anguleux et à facettes, ont en général $\frac{1}{7}$ de millimètre en longueur sur $\frac{1}{17}$ en largeur, et $\frac{1}{10}$ sur $\frac{1}{20}$. Les grains de fécule qu'ils recèlent ont de $\frac{1}{150}$ à $\frac{1}{300}$ de millimètre, et ils paraissent sphériques.

997. Par l'ébullition, ces téguments ligneux

(*) *Bullet. des sciences phys. et chim.* de Férussac, octobre 1827.

(**) On entend, par *rhizome*, la chaume souterrain qui trace dans la terre ou dans le vase, et qui produit de nouvelles tiges de chacun de ses nœuds. Au mois d'août, on rencontre moins de téguments ligneux pleins de fécule que de téguments vides (*c*) ou à demi pleins (*a*). Au mois d'octobre, on commence à ne plus trouver que des téguments ligneux pleins de fécule ; mais en même temps, on remarque des grains hyalins, oblongs, adhérents aux téguments ligneux, rappelant l'aspect et la configuration des grains ovoïdes de la pomme de terre, ayant les mêmes dimensions que les téguments ligneux, mais ne se colorant pas comme eux par l'iode. Ce sont probablement des cellules jeunes, dans lesquelles doivent se développer les grains de fécule.

(***) Après l'opération de l'extraction de la fécule, il reste entre les mains une filasse blanche, devenant rougeâtre au contact de l'air, et qui est dans le cas de fixer l'attention des économistes ; car deux de ces fils, de 12 centim. de long sur un 5e de millim. de diamètre chacun, liés par leurs extrémités et suspendus à une tige de fer, ont supporté, pendant cinq minutes, un poids de près de 4 livres. La longueur de ces filaments dépend de celle des entre-nœuds du rhizome, d'où on les extrait.

n'acquièrent pas des proportions plus grandes; mais l'iode colore alors en bleu toute leur capacité, et l'on ne distingue plus ainsi, dans leur sein, aucun granule intègre; car chaque grain de fécule y a éclaté et son tégument s'y est distendu, en sorte que la capacité de la cellule ligneuse s'est trouvée remplie par les téguments et la substance soluble, et elle se colore en entier de cette manière par le moyen de l'iode. Cette coloration n'a pas lieu sur celles des cellules ligneuses, qui, avant l'ébullition, s'étaient montrées vides de grains féculents.

998. On ne se refusera pas, je pense, à croire que, sans le secours du microscope, cette agrégation de cellules féculentes eût formé une nouvelle substance immédiate, qu'on aurait peut-être décorée du nom de *typhine*, et qui n'eût pas manqué d'être considérée comme bien distincte de toutes les autres fécules, par sa couleur rougeâtre et ligneuse que l'iode colore en verdâtre, par la propriété qu'elle a de fermenter spontanément, et avant toute ébullition, dans l'eau pure, enfin par celle de ne point former d'empois par l'ébullition.

999. Depuis la publication de cette première édition, nous avons eu occasion d'observer un autre genre de fécule encore plus curieuse que celle du *typho*; c'est celle du périsperme du *trapa natans*, vulgairement appelé *châtaigne d'eau*, plante fort commune dans les étangs et mares de Versailles. Dans ce périsperme tout est fécule, mais rien ne s'isole; c'est un tissu cellulaire compacte (pl. 6, fig. 36) qui se colore en bleu par l'iode sur toutes ses membranes. Dans l'intérieur de ses compartiments cellulaires et hexagonaux, on voit, surtout au moyen d'une lentille de grenat, une agglomération de petits globules indécis, qui s'effacent aux regards par une trop vive lumière. Voilà donc un périsperme qui, par la réaction de l'iode, prend les caractères de la fécule sur les parois des organes cellulaires, qui, chez d'autres végétaux, ne se colorent qu'en jaune par le réactif. L'analogue du gluten est ici de nature féculente.

L'énorme périsperme du *trapa natans* affecte, par la dessiccation, une couleur marron et une consistance analogue à celle de nos belles espèces de blé dur. Les tranches minces qu'on en obtient sont blanches, comme cela a lieu sur les ratissures des fanons de la baleine. Vingt-quatre heures de séjour de ce gros fruit dans l'eau rendent à cet organe toute la blancheur et la friabilité des organes féculeux; les cellules hexagonales s'isolent mieux alors, et les granulations intérieures se distinguent avec plus de netteté dans le sein des cellules principales; mais par la dessiccation, le périsperme reprend de nouveau sa couleur marron. La cuisson blanchit cette substance, tout aussi bien que la macération.

§ XI. *Hile et structure intime des grains de fécule.*

1000. Il ne faudrait pas croire que les grains de fécule se trouvent disposés au hasard dans l'intérieur des cellules végétales. L'idée seule de leur structure vésiculeuse (896) exclut cette supposition; et pour se convaincre à cet égard, il n'est besoin que de faire rouler sous ses yeux, par le mouvement du liquide, quelques-uns de ces téguments ligneux et isolés (fig. 17) des *rhizomes* de *Typho* (993); car on observe alors qu'aucun des granules féculeux renfermés et même clair-semés dans l'intérieur de la vésicule, ne se déplace, ne se détache, enfin n'est ballotté par la révolution lente ou rapide du tégument sur lui-même; ils tiennent étroitement à la paroi du tégument ligneux, même alors que la vésicule a été déchirée, et que la substance gommeuse qu'elle pouvait renfermer a été dissoute dans l'eau.

1001. Or, les grains féculents ne peuvent tenir à une paroi, par un point de leur surface, qu'en supposant que cette adhérence est l'effet de l'organisation même, et non celui de l'agglutination après coup. J'ai appelé ce point d'adhérence le *hile* du grain de fécule. Il est en général impossible d'en apercevoir des traces sur la surface des grains de fécule extraits de la plante, dans leur état d'intégrité: car ce point est trop exigu et il laisse trop peu de traces sur la surface du grain. Mais on aurait autant de tort d'en nier l'existence, par cela seul qu'on ne peut l'apercevoir, que de nier l'existence du *hile* des ovules d'Orchis et d'Orobanche, par cela seul que, sur d'aussi petits objets, cet organe se soustrait à nos regards.

1002. Cependant il est une occasion favorable pour obtenir la preuve directe de l'existence du *hile* du grain de fécule; c'est l'époque un peu avancée (dix à quinze jours) de la germination du blé. Si l'on extrait, à cette époque, de la liqueur renfermée sous le péricarpe, on ne manquera pas de s'assurer que tous les grains de fécule ont éclaté, qu'ils se sont vidés de leur substance soluble; et, comme alors ils sont devenus mous et élastiques, leur *hile* ne casse point d'une ma-

aière aussi nette que par les procédés de mouture, et l'on peut l'apercevoir, en imprimant dans l'eau un mouvement de rotation au tégument amylacé. Toutes les fois que le hile arrive sur les côtés de l'image, on l'aperçoit aussi distinctement qu'on le voit dessiné sur l'une des deux figures 718, pl. 6).

1003. La même observation révèle un autre fait que je ne puis m'empêcher de croire de la plus haute importance en physiologie. Sous l'influence de l'action lente et progressive de la germination, les grains féculents sont vidés de leur substance soluble, sans que leur tissu se soit ou altéré ou distendu. On aperçoit alors, dans leur intérieur, de grandes vésicules internes qui se cloisonnent en divers sens, et même des granulations qui adhèrent aux parois du tégument colorable en bleu par l'iode, comme ce tégument adhérait primitivement à la paroi du tégument colorable en jaune, c'est-à-dire à la paroi de la vésicule du tissu cellulaire ligneux (994); enfin on a de la fécule dans la féculе. Plus la germination fait de progrès, et plus ces phénomènes se multiplient (978).

1004. Lorsqu'on observe les grains de fécule de la tulipe à une simple lentille d'une ligne de foyer (fig. 9, pl. 6), on les trouve ornés à la surface de zones concentriques d'un fort joli effet. Mais c'est sur la surface des gros grains de féculе, que l'on peut étudier avec le plus d'avantage la disposition de ces zones. A une lentille simple d'un grossissement de 150 diamètres (fig. 29), pourvu qu'on fasse usage du diaphragme (468), on remarque déjà que ce sont des ellipses inscrites les unes dans les autres, mais rapprochées et se touchant presque toutes par un de leurs bouts, tout près duquel se distingue un petit point noir qui aurait l'air d'être le centre de cette excentricité, si je puis m'exprimer ainsi; au grossissement de 500 diamètres du microscope composé, cette disposition s'étale tout entière aux regards (fig. 28). Quelle est l'origine de ces rides ondoyantes? Il est facile de s'assurer qu'elles ne se trouvent pas à la surface externe du grain de fécule; car lorsqu'on amène doucement le grain féculent au foyer du microscope, on aperçoit distinctement la surface, avant d'apercevoir les rides, et on aperçoit d'autant plus celles-ci, que l'on avance davantage; il en est de même du point noir, qui se creuse d'autant plus que les rides s'affrent avec plus de saillie. Ces rides tapissent évidemment la paroi interne du tégument; elles nous paraissent être les analogues des spires, dont nous avons démontré l'existence dans toutes les espèces de cellules animales ou végétales (*), et que nous avons signalées jusque dans les cellules vides de la moelle des végétaux; le point noir indique le point d'insertion ou plutôt le point de départ de ce système. Enfin, si la théorie que nous avons admise, sur l'accouplement des spires, représente, comme nous le pensons, les faits observés, le grain de fécule ne serait qu'une cellule avortée, et qui ne continue pas à se développer à l'intérieur, parce qu'elle ne possède qu'une seule spire, et non les deux spires de nom contraire, qui se développent dans tous les organes cellulaires destinés à se reproduire indéfiniment à l'intérieur et à l'extérieur.

1005. En conséquence, le grain de féculе ne se compose pas uniquement d'une vésicule renfermant une substance soluble dans l'eau, mais encore d'un tissu cellulaire interne plus ou moins compliqué, mais qui n'était pas apte à un développement ultérieur.

1006. Rappelons-nous que les grains de fécule, depuis l'instant de la fécondation jusqu'à celui de la maturité, croissent dans l'intérieur des vésicules du tissu cellulaire, qu'ils y acquièrent des dimensions et des formes extrêmement variées (886), et nous resterons convaincu que l'analogie aurait suffi pour indiquer d'avance le résultat que l'expérience directe nous a fait découvrir.

§ XII. *Caractères physiques des principales espèces de fécules employées dans les arts, en économie domestique et en pharmacie* (**).

1007. Je m'étais servi, pour dessiner toutes les formes de diverses féculеs renfermées dans la pl. 2 de la première édition de cet ouvrage, qui comprenait les fig. 1-27 de la pl. 6 de l'édition présente, je m'étais servi du grossissement de 100 diamètres de mon microscope de Selligue et d'un diaphragme de 0m,003 de diamètre. Pour les mesurer, j'avais fait usage du procédé de la double vue, qui, s'il n'est pas le plus rigoureusement exact, a du moins le mérite d'être le moins dispendieux. Au

(*) *Nouveau système de physiolog. végét. et de botanique*, § 676.

(**) La fécule se trouve principalement dans la moelle chez les palmiers; dans les bulbes et tubercules des monocotylédones à corolle; dans le périsperme des semences des céréales; dans les rhizomes, tubercules et graines des Cypéracées; dans les tubercules des Solanacées, Convolvulacées; dans le périsperme des Polygonacées; dans les cotylédons des Légumineuses, etc.

reste, chaque grain ayant été mesuré de la même manière, il s'ensuit que les fig. 1-26 de la pl. 6 étaient comparatives ; or, il s'agit moins ici d'avoir la mesure mathématiquement exacte de chaque grain de fécule, que les proportions des fécules entre elles ; et sous ce rapport, les fig. 1-26 de la pl. 6 ne laissent rien à désirer ; en sorte qu'en appliquant une règle divisée en millimètres sur chacune d'elles, on pourrait se passer au besoin des chiffres que nous allons donner dans le texte. Les fig. 29-40 de la présente édition ont été dessinées au microscope double (459) ; la fig. 29 avec une simple lentille de 150 grossissements et avec le diaphragme (468) ; la fig. 28 au grossissement de 500 fois du microscope composé ; toutes les autres au grossissement de 550 fois du même instrument, à l'exception de la fig. 33, qui est vue au grossissement de 100 fois. Quant aux formes et à l'aspect, il est essentiel de faire observer que les grains de fécule présentent très-souvent des différences à cet égard, selon qu'on les observe au sortir des organes du végétal, encore tout frais et tout vivants, pour ainsi dire, ou après une dessiccation soit spontanée soit artificielle (897) ; la fécule de tulipe nous en offrira un exemple assez frappant (*).

Il est une différence d'aspect qui dépend, non des accidents de structure du grain de fécule, mais seulement de la construction du microscope, et du grossissement avec lequel on observe ; deux circonstances dont il faut soigneusement tenir compte, dans la comparaison que l'on pourra faire de l'image qu'on obtient directement, avec les figures gravées qu'on vérifie. C'est ce qui nous a engagé à ajouter à notre tableau graphique des figures tracées avec notre nouveau microscope. On trouvera, en effet, une grande différence entre les fig. 1 et les fig. 28 et 29, qui cependant désignent toutes la fécule de pomme de terre ; mais cette différence provient de la réfraction. Les fig. 1res dessinées au grossissement de 100 diamètres à l'ancien microscope de Selligue, sont plus régulières, plus arrondies ; on n'y voit aucune trace d'ellipses circonscrites les unes aux autres. La fig. 29 nous offre les mêmes grains de fécule, à une simple lentille du microscope double, dont la puissance amplifiante est de 150 diamètres. L'image commence déjà à s'aplatir à ce grossissement, parce que la distance focale est de deux millimètres, tandis que la distance focale du grossissement de l'ancien microscope était de près d'un centimètre, et qu'ici par conséquent nulle portion du grain de fécule ne pouvait se trouver hors du foyer (563). Ce genre de déformation devient encore plus considérable au grossissement de 500 fois du microscope composé (fig. 28), en raison que le foyer est encore plus court ici qu'à la lentille simple. Les cercles sinueux s'y étendent beaucoup plus, et semblent y prendre un relief, dont on varie de mille manières les effets, en avançant ou reculant le porta-objet.

1008. FÉCULE DE POMME DE TERRE (*Solanum tuberosum*, L.), pl. 6, fig. 1. — Elle affecte les formes les plus variées, et nulle autre espèce connue ne parvient à des dimensions aussi grandes (885). Au sortir des organes de la plante, on observe, sur la surface de ses grains, des rides concentriques qui disparaissent souvent par la dessiccation (1022). Les plus gros atteignent $\frac{1}{5}$ de millimètre, les plus ordinaires varient entre $\frac{1}{10}$ et $\frac{1}{25}$; ils sont ovales, étranglés en cocons, gibbeux, obscurément triangulaires, arrondis et sphériques, au moins ceux de la plus petite dimension. La pomme de terre est la seule plante dont on consomme la fécule dans les procédés culinaires ; c'est celle que l'on peut céder au moindre prix. Pour l'extraire, on lave à grande eau les tubercules, et au besoin on les brosse ; on les soumet ensuite à l'action d'une râpe mécanique, sur laquelle on fait parvenir un filet d'eau, qui entraîne le marc sur un tamis, à travers les mailles duquel la fécule seule se rend dans un vase placé au-dessous de l'appareil. Quand l'opération est terminée, on décante l'eau, on lave la fécule, on décante encore, et cela jusqu'à ce que l'eau n'enlève plus rien de soluble au précipité ; et enfin on fait sécher la fécule au soleil ou à l'étuve. La fécule de pomme de terre s'offre alors comme une poudre impalpable et cristalline, ayant dans sa blancheur un léger œil bleuâtre ; on peut avancer que c'est celle dont les grains sont le moins altérés.

1009. FÉCULE DE LA CHARAIGNE (888) DE CHARAIGNE (*Chara hispida*, L.), fig. 3. — Les grains de cette fécule, qui parviennent à des dimensions presque aussi grandes que ceux de la pomme de terre, sont les plus mous et les plus ombrés que j'aie jamais rencontrés dans mes observations. Avec une pointe on peut les écraser et les vider dans l'eau sans le secours de l'ébullition ; il reste

(*) *Bullet. des sciences phys. et chim.*, nov. 1826 et sept 1827. *Lycée*, n° du 4 déc. 1831.

alors sur le porte-objet une vésicule que l'on voit figurée en *a*. Le premier grain, en commençant par la gauche de la rangée, est figuré au grossissement de 150 diamètres, afin de mettre mieux en évidence les plis que détermine, sur leur surface, leur affaissement contre le porte-objet. Les plus gros atteignent $\frac{1}{10}$ de millimètre. La cavité de la graine en est remplie, et les cellules qui la renferment sont très-vastes. Pour prouver à combien d'écarts on s'expose, en isolant l'observation physiologique de l'observation chimique, il suffira de rappeler que ces grains de fécule ont été pris, pour les ovules du *chara*, par un jeune chimiste, dans une thèse pharmaceutique sur la fécondation des plantes, opinion encore professée dans le cours de botanique de la Faculté de médecine.

1010. Fécule des articulations (888) de la plante précédente (fig. 4).—Il existe encore plus de différence entre la fécule des articulations de *chara* et celle de la graine de la même plante, qu'entre les fécules appartenant à deux espèces de plantes éloignées l'une de l'autre dans le système botanique. Celle des articulations (pl. 8 fig. 3 *f*) offre les formes les plus bizarres, qui varient à l'infini autour de la forme d'une larme batavique. Les grains atteignent $\frac{1}{14}$ en longueur sur $\frac{1}{20}$ en largeur.

1011. Fécule de sagou (extraite de la moelle de certains palmiers, et, dans les Moluques, de celle du *Cycas circinalis*, L., *Sagus farinaria*, Rumph.), fig. 5 et 37-40.—« Cette fécule, disions-nous dans la première édition de cet ouvrage, est versée dans le commerce sous la forme de boulettes, qui ont environ de 4 à 5 millimètres de diamètre; leur surface est rougeâtre et lisse, leur dureté très-grande; aussi, avant de les observer au microscope, il est nécessaire de les laisser séjourner dans l'eau froide pendant quelques heures. Si l'on soumet alors au microscope des fragments de la superficie de ces boulettes, on s'assure que tous les grains de fécule y ont éclaté; car les téguments, déchirés, crevassés et entr'ouverts (*a* fig. 5), se répandent par myriades sur le porte-objet. Au-dessous de cette couche superficielle, les grains, sans avoir éclaté, offrent dans leur sein, et quelquefois sur un point de leur surface, une granulation, une bosselure (*b*) qu'on remarque sur toutes les fécules qui ont été soumises un instant à l'action de la chaleur, après avoir été simplement humectées ou pétries. Dans le centre des boulettes, au contraire, on ne rencontre que des grains intègres et nullement altérés (885). Toutes ces circonstances achèvent de démontrer l'opinion reçue, selon laquelle ces boulettes auraient été torréfiées sur une platine, après avoir été moulées à travers un crible, dont les trous, égaux entre eux, auraient de 4 à 5 millimètres de diamètre. En manipulant de la même manière la fécule de pomme de terre, pourvu qu'on ait la précaution de l'aromatiser faiblement avec une substance odorante, telle que la bergamotte, et de ne pas pousser loin la torréfaction, de ne torréfier pour ainsi dire qu'en glissant, on peut faire du *sagou* si ressemblant au sagou exotique, que je suis porté à considérer celui du commerce comme n'ayant pas d'autre origine. Le commerce des drogues, qui falsifie presque tout, n'aura sans doute pas négligé une falsification aussi facile.

Les grains de cette fécule qui ont été dilatés par la chaleur atteignent $\frac{1}{10}$ de millimètre. »

Le sagou, sur lequel nous avons fait les observations précédentes, en 1829, provenait du droguier de Bonastre; et, à cette époque, c'était l'espèce la plus répandue dans le commerce de la capitale.

Dans la séance du 24 janvier 1837 (Académie de médecine), Planche a lu, sur le sagou, un travail intéressant sous le rapport pharmaceutique et commercial (*), dans lequel il a pris soin de décrire les diverses variétés qui se rencontrent dans le commerce. L'auteur a eu la complaisance de mettre à notre disposition quatre échantillons différents, dont nous allons donner la description microscopique.

L'un de ces échantillons porte l'étiquette de *sagou de la Chine;* il offre tous les caractères de celui qui nous avait servi de type dans la première édition de cet ouvrage. Les boulettes, que représentent les fig. 37, pl. 6, varient en dimensions depuis 2 jusqu'à 4 millimètres, lorsqu'elles sont arrondies; les oblongues arrivent à 5 millimètres; leur surface est lavée d'une couleur violet-marron, qui les pénètre assez avant dans l'intérieur; elles sont dures, et mettent plus de temps que toutes les autres espèces à se ramollir dans l'eau.

Le second échantillon, dont la figure 38 représente les petites boulettes de grandeur naturelle,

(*) Ce travail est inséré dans les *Mémoires de l'Académie de médecine*. Paris, 1837. T. VI, p. 605, in-4°. D'après des renseignements pris par l'auteur, il a été importé en France, en 1826, 6,585 kilog. de sagou; — en 1827, 13,994; — en 1828, 10,545; — en 1829, 14,494; — en 1830, 10,017; — en 1831, 11,404. Total, 67,039 kil.

comme les précédentes, porte l'étiquette de *sagou da Sumatra*. Les plus grosses de ces boulettes ne dépassent pas 2 millimètres en diamètre. La couleur en est moins prononcée, et la coosistance en est tendre et presque friable; les molécules se désagrégent et se délitent pour ainsi dire daos l'eau.

Le troisième échantillon, intitulé *sagou blanc das Moluques* (fig. 39), affecte la couleur de la fécule ordinaire; les plus grossea de ses boulettes ne dépassent pas un millimètre; ce sont de petites granulations anguleuses, analogues à celle de la semoule.

Enfin, le quatrième échantillon, intitulé *sagou rosé des Moluques* (fig. 40), offre les boulettes les plus petites; elles ne dépassent pas un demi-millimètre, et sont les unes blanches, les autres lavées d'une légère teinte rosée.

A l'exception du *sagou de la China*, toules ces boulettes reprennent une belle blancheur, après un séjour d'une beure dana l'eau ordinaira, et les grains de fécule se désagrégent alors à la moindre pression.

Ce sont là les différences que ces variétéa offrent à la vue simple. J'ai vainement cherché à en découvrir d'autres au microscope. Dans toutes, la couche cxterne est formée d'un agrégat de téguмeots crevassés, à demi vidés, et qui achèvent de sa vider tout à fait dans l'eau ordinaire (fig. 5, *a*); dans toutes, la couche suivante offre des grains eodommagés, bosselés, effilés, aplatis par un bout, mais encore distendus et arrondis par la subatanre soluble, et partant réfractant fortemeot les rayons lumineux (fig. 5, *b*). Enfin, daos le cœur de la boulelle, on rencontre fréquemment des grains de fécule intègre, mais dont les dimensions varient à chaque observation; car on pense bien que, sur des molécules de forme et de grandeur aussi variables, le hsaard n'améne pas toujours au centre les mêmes dimensions. De là vient qu'en se contentant d'une seule observation, on établirait, entre les caractères de ces diverses variétés, des différencea qui disparaîtraient à cbaque observation subséquente. Les téguments les plus dilatés ne dépassent pas, dans les unes el les antres, $\frac{1}{5}$ de millimètre, et les grains les plus intègres $\frac{1}{10}$. La forme générale et l'aspect en sont identiques, et tels que nous l'avions établi, dana la première édition de cet ouvrage, sur la fig. 5, pl. 6.

D'où il résulte que la fécule qui a servi à faire ces sagous provient du même genre de plante; qu'elle n'a pas été soumise à l'ébullition, mais à la torréfaction; car l'ébullition aurait distendu et non déchiré les téguмeots qui affecteraient alors les formes des fig. 2, *a'* et 30; tandis que par la torréfaction les téguments de la fécule affectent les formes générales de la figure 5 *a*. Cette fécule a été soumise humide à la torréfaction, sans quoi tous ses grains s'offriraient crevassés, mais en conservant leurs formes et leurs dimensions ordinairea (fig. 5, *b*); pour qu'un tégument se crevasse en s'étendant, il faut que le grain ait été plongé dans une atmospbère humide, afin que la suhslance soluhle ait trouvé un dissolvant à l'iostant propice. La torréfaction n'a pu les atteindre qu'à l'instant où elles étaieot formées en boulettes; car ses effets se montrent hien sur la surface de la sphère, moins dans la couche suivante, et point du lout dans le centre. Or, quand on cherche à se rendre compte de la formation de pareilles boules, on est forcé d'admettre que la fécule humide a été pressée sur une espèce de passoire, qu'elle a'est moulée à la filière du crible, et qu'elle est tombée en sortant sur une surface échauffée au moins à 100 degrés (*). La dimension des boulettes dépend ainsi uniquement du diamètre des ouvertures du crible : les variétés du sagou n'indiquent donc que des variétés de procédés industriels.

1012. FÉCULE DES BULBES DE LA PÉLÉGRINE OU LIS DES INCAS (*Alstroemeria pelegrina*, L.), fig. 6. — Par son aspect et par ses formes, elle se rapproche beaucoup de celle de la pomme de terre. Elle est plus fortement ombrée, plus bosselée, et affecte des contours plos bizarres. Les plus gros grains atteignent $\frac{1}{10}$ de millimètre.

(*) Quelques personnes se refusent à croire que le sagou soit le resultat de la torréfaction d'une fecule, parce que, disent-elles, le sagou est insoluble dans l'eau froide, et que la torréfaction rend toutes les fécules solubles dans ce menstrue. Cette opinion provient d'un malentendu. Toutes les fois que vous soumettrez la fécule demeohée à l'influence de la torréfaction, les teguments crèveront sans se distendre, et la substance gommeuse et soluble étant mise à nu, dans chaque grain féculent, elle se laissera attaquer facilement par l'eau, qui ne tardera pas à en dissoudre des quantités appréciables. Mais si l'on soumet à la même influence des boulettes humectées d'eau, les téguments se distendront et s'appliqueront en se superposant les uns sur les autres, de manière à former une couche imperméable à tout ce qu'ils recouvriront, grains entiers ou substance soluble. Il faudra briser ces boules desséchées pour que l'eau puisse pénétrer jusqu'à la substance qu'elle est en état de dissoudre.

1013. Fécule d'avoine (*Avena sativa*, L.), fig. 24-32. — La farine de cette céréale se montre, à l'œil nu, cotonneuse et comme feutrée, à cause de la présence d'une quantité innombrable de poils (734) qui recouvraient la semence de cette céréale.

Lorsqu'on observe cette farine au grossissement de 100 diamètres du microscope de Selligue, on croirait avoir devant les yeux un mélange disparate de gros grains de fécule fortement ombrés et opaques, oblongs ou ovoïdes, atteignant $\frac{1}{14}$ sur $\frac{1}{33}$ de millimètre et même $\frac{1}{10}$ sur $\frac{1}{15}$ (fig. 24), et puis à côté et quelquefois adhérents à la surface des premiers, des petits grains de fécule ayant environ $\frac{1}{200}$ de millimètre; et dans la première édition de cet ouvrage, n'ayant pas eu la pensée d'observer ce mélange à un grossissement supérieur, j'avais réellement pris les gros grains opaques (fig. 24), pour des grains de fécule. J'ai rectifié cette petite erreur au grossissement de 350 fois du microscope double. Ce sont en effet des cellules glutineuses, grosses de grains de fécule, cellules qui s'isolent quelquefois avec assez de netteté et sous des formes assez arrondies, pour simuler des grains féculents isolés. Ces cellules glutineuses permettent à l'iode de colorer la fécule qu'elles recèlent, et la transparence de leurs parois est telle, qu'elle ne saurait opposer le moindre obstacle à l'évidence de la coloration bleue. Nous avons représenté (fig. 32) au grossissement de 350 diamètres, les formes les plus communes de ces sacs, entourés de leurs grains de fécule.

1014. Fécule du grand lupin (*Lupinus hirsutus*, L.). — Ses grains sont si peu ombrés qu'on les croirait vides, et réduits à l'état de tégument; ils sont légèrement aplatis, arrondis ou allongés, mais variant dans leurs contours. Ils atteignent $\frac{1}{15}$ de millimètre.

1015. Fécule du haricot blanc (*Phaseolus vulgaris*, L.). — Les plus gros atteignent $\frac{1}{15}$ de millimètre; ils sont ovoïdes, allongés en pointe d'un côté, ou très-obscurément trigones, mais fortement ombrés sur les bords; ainsi que sur les grains de fève, on observe un grain intérieur enchâssé dans le grain principal.

1016. Fécule des tubercules d'igname (*Dioscorea satira*, L.), fig. 8. — Grains ovoïdes ou linéaires, moins variables que dans les fécules précédentes, et dont les plus gros atteignent $\frac{1}{17}$ de millimètre.

1017. Fécule ou lentille (*Ervum lens*, L.), fig. 26, 33-34. — Après la fécule de pomme de terre et celle de seigle, dont nous nous occuperons plus bas, la fécule de lentille est une des plus reconnaissables, en ce que chaque grain se trouve divisé en trois ou quatre compartiments, par des lignes courbes et noires, qui indiquent la présence de tout autant de cellules internes, dans le sein de la cellule principale (1003). Les grains en sont en général ovoïdes, et dépassent à peine $\frac{1}{17}$ de millimètre. Les fig. 26 sont dessinées au grossissement de 180 diamètres du microscope de Selligue; les fig. 33 au grossissement analogue de notre microscope double, et les fig. 34 au grossissement de 350 diamètres de ce dernier instrument.

1018. Fécule du froment (*Triticum sativum*, L.), fig. 12. — Les plus nombreux et les plus gros grains de cette fécule ne dépassent pas $\frac{1}{20}$ de millimètre; ils sont sphériques: on les voit accompagnés de téguments vidés, déchirés, qui proviennent des grains de fécule écrasés par la meule. Ils sont bien plus lisses, plus arrondis et mieux conservés, quand on les retire de la semence encore un peu verdâtre et non desséchée sur pied. On l'extrait de la manière suivante, pour l'usage des lingères qui la préfèrent comme *empois*, dans le repassage du linge fin. Les *Amidonniers* déposent dans de grandes cuves la farine grossièrement moulue, et sans se donner la peine même d'en séparer le son; ils utilisent aussi les recoupettes et les blés gâtés. Ils délayent la farine dans une certaine quantité d'eau, à laquelle ils ajoutent un peu d'*eau sûre*, qui est le produit d'une opération précédente. Le sucre et le gluten que renferme la farine ne tardent pas à réagir l'un sur l'autre, pour produire d'abord de l'*alcool*, de l'*acide carbonique*, puis de l'*acide acétique* qui achève de dissoudre le restant du gluten. C'est cette eau qu'on nomme première *eau sûre* ou *eau grasse;* elle est trouble et gluante; elle renferme, d'après Vauquelin, de l'acide acétique, de l'alcool, de l'acétate d'ammoniaque, du phosphate de chaux et du gluten. Après avoir lavé le dépôt par décantation, on le délaye dans l'eau, et on verse le tout sur un

tamis de crin placé au-dessus d'un tonneau. Le son le plus grossier reste sur le tamis; la fécule passe avec le plus fin à travers, et se dépose mêlée à ce dernier. On les agite de nouveau dans l'eau; la fécule se sépare, par sa pesanteur spécifique, du son, qui reste presque tout entier à la surface du précipité, lequel prend le nom de *gros noir*. Alors on enlève la première couche avec une pelle, la seconde et la troisième en rinçant à deux reprises la partie supérieure de la masse restante; on délaye le résidu dans l'eau, et on le jette sur un tamis de soie plus ou moins fin. On sépare ainsi une nouvelle quantité de son, et l'on n'a plus qu'à laisser déposer la fécule et à la rincer pour l'obtenir pure. On la dessèche enfin, en moulant le précipité dans des paniers d'osier garnis d'une toile non adhérente, que l'on va renverser au grenier sur une aire faite en plâtre; ces blocs doivent être rompus à la main. Les morceaux sont exposés à l'air pendant quelques jours; on racle ensuite leur superficie, et on les met à l'étuve pour les sécher entièrement. Les grumeaux d'amidon s'offrent alors avec des cannelures qui sembleraient indiquer une cristallisation grossière, mais qui ne proviennent réellement que de l'action de l'eau qui les creuse en s'écoulant. Cet amidon ainsi obtenu est toujours plus tenace et moins friable que celui de pomme de terre, à cause d'une certaine quantité de gomme et de gluten que ses molécules, en se précipitant, emprisonnent entre elles. Nous reviendrons sur les modifications de cette opération, en nous occupant des applications aux arts. Ce procédé convient à l'extraction de la fécule de tous les organes qui renferment du gluten, à l'orge, par exemple, dont les amidonniers se servent tout aussi bien que de la farine du froment.

1019. FÉCULE DU SEIGLE (*Secale cereale*, L.), fig. 25. — Les grains les plus gros de cette fécule atteignent $\frac{1}{20}$ de millimètre; mais ce qui les distingue de toutes les autres féculs, c'est qu'ils sont aplatis et à bords tranchants comme des disques, et marqués pour la plupart, sur une de leurs faces, d'une croix noire ou de trois rayons noirs réunis au centre du grain. Cependant, nous avons eu l'occasion d'examiner divers échantillons de seigle, qui nous ont été adressés en 1834 par Bosson, pharmacien à Mantes (Seine-et-Oise), et dont les grains de fécule ne portaient pas cette croix dans leur intérieur.

1020. FÉCULE DE FÈVE DE MARAIS (*Vicia faba*, L.), fig. 7. — Les grains sont ovoïdes ou réniformes, offrant souvent dans leur sein un grain interne comme enchâssé dans le principal, quelques-uns affaissés et presque vidés; ils atteignent $\frac{1}{20}$ de millimètre. La fécule des semences des légumineuses se trouva dans les cotylédons.

1021. FÉCULE DE POIS VERT (*Pisum sativum*, L.), fig. 10. — Les grains de cette fécule affectent à peu près les dimensions de celle de la fève et les formes de celle de la pomme de terre; à l'état frais ils sont tout aussi fortement ombrés sur les bords que ceux de la pélégrine (1012); leur surface est bosselée. Les plus gros atteignent $\frac{1}{20}$ de millimètre.

1022. FÉCULE DES BULBES DE TULIPE (*Tulipa gesneriana*, L.), fig. 9. — Les plus nombreux sont assez uniformes dans leur aspect et dans leur configuration; lorsqu'on les examine au sortir des bulbes de la plante, ils offrent, sur la surface éclairée, des rides concentriques, chatoyantes, dont la concavité regarde l'extrémité la plus effilée. Ces rides disparaissent par la dessiccation, exactement comme les rides d'un papier mouillé s'effacent, à mesure que le papier s'étend par l'évaporation de l'eau dont il était imprégné. Ces jolis grains pyriformes un peu aplatis atteignent $\frac{1}{20}$ de millimètre, mais je les ai dessinés ici à un grossissement une demi-fois plus fort que les autres, afin de mieux mettre en évidence leurs rides.

1023. FÉCULE DES TUBERCULES D'IRIS DE FLORENCE (*Iris florentia* ou *germanica*), fig. 13 et 14. — Les fig. 13 représentent les formes de cette fécule, lorsqu'on l'observe extraite d'un tubercule radiculaire encore jeune (au mois de juin, par exemple); les fig. 14, au contraire, les formes qu'offre cette fécule au sortir d'un tubercule plus âgé; car on trouve alors que les grains de fécule ont grossi, végété pour ainsi dire, et qu'ils ont contracté les formes les plus bizarres. Dans le premier cas ces grains ne dépassent pas $\frac{1}{100}$ de millimètre; dans le second ils atteignent jusqu'à $\frac{1}{20}$ sur $\frac{1}{33}$. Cet accroissement est plus rapide même au printemps, lorsqu'on abandonne à eux-mêmes, au contact de l'air, des tubercules d'iris récemment extraits de la terre.

En quinze jours les grains de fécule sont parvenus à leur *summum* d'accroissement (fig 14). C'est avec cette fécule qu'on parfumait l'amidon de froment dont on se servait, sous le nom de *poudre à poudrer*, pour *enfariner* les perruques de nos ancêtres.

1024. FÉCULE ENVOYÉE DES ANTILLES SOUS LE NOM SUPPOSÉ DE FÉCULE DE TOPINAMBOUR (fig. 11). — « On présenta en 1826, à la Société philomathique, disions-nous dans la première édition de cet ouvrage, une fécule envoyée par L'Herminier, et on la donna comme provenant des topinambours d'Amérique. Les tubercules radiculaires des topinambours cultivés en France ne donnent qu'une fécule non colorable par l'iode, dont nous aurons à nous occuper plus bas. Quoique, physiologiquement parlant, le fait communiqué à la Société ne me parût pas impossible, cependant il était trop singulier pour ne pas avoir besoin d'une plus grande confirmation, avant d'être enregistré dans les fastes de la science. Depuis cette époque L'Herminier est revenu en France, et il m'a assuré que c'est par erreur qu'on avait attribué cette fécule aux topinambours; mais il n'a pas pu se souvenir du végétal d'où elle avait été extraite. Quoi qu'il en soit, les plus gros grains de cette fécule, qui varient autour de la forme sphérique, atteignent $\frac{1}{25}$ de millimètre. »

Pelouze père, en sa qualité de créole ou de témoin très-compétent, nous a donné depuis le mot de l'énigme. Aux Antilles françaises la plante qui porte le nom de *topinambour* n'est pas l'*Helianthus tuberosus*, mais bien un balisier (un *canna*, un *maranta* ou un *amomum*). Or, les dimensions des grains de cette fécule pseudonyme, se rapprochent, comme on le voit sur le tableau, de celle de la fécule de l'arrow-root (*Maranta arundinacea*). L'*Helianthus tuberosus*, importé depuis une cinquantaine d'années, se nomme aux Antilles, le *navet des Barbades*. D'après Pelouze, la fleur du *topinambour des Antilles* semble une hybride de celle du *curcuma*.

1025. ARROW-ROOT OU FÉCULE DES TUBERCULES DU LANGUAS A FEUILLES DE BALISIER (*Maranta arundinacea*, L.), fig. 31. — « L'arrow-root, dit Berzélius (*Chim. trad.* 1832, tom. V, p. 213), étant très-estimé par quelques médecins comme fortifiant, on le vend très-cher, en sorte qu'on a cherché à le distinguer d'une manière sûre des autres espèces d'amidon. D'après Guibourt, on le reconnaît sous le microscope, en ce que les grains d'arrow-root sont TRANSLUCIDES et plus PETITS que ceux d'amidon de pommes de terre, quoique leur forme et leur volume soient aussi variables. » Tout en félicitant Berzélius de sa bienveillance nouvelle envers les observations microscopiques, nous ne pouvons nous empêcher de déplorer l'espèce de complaisance qui l'entraîne à enregistrer, dans les catalogues qu'il revêt de l'autorité de son nom, des observations au moins aussi superficielles que celles qu'il emprunte à Guibourt (*). D'après les caractères assignés par ce dernier à la fécule d'arrow-root, il y a en France peut-être cent végétaux, dont la fécule pourra être confondue avec cette substance brasilienne. Quelle fécule n'est pas translucide? et quelle fécule est plus translucide que celle du *Solanum?* Ensuite quelle fécule, à l'exception de la fécule de la graine de *Chara* (1009), n'a pas les grains plus petits et le volume tout aussi variable que celle de la fécule de pomme de terre? Quant aux formes, combien n'en existe-t-il pas dont les formes varient à l'infini? Il suffit pour cela de jeter un coup d'œil sur la planche 6. Mais, par un hasard assez malencontreux, il arrive que, bien loin d'être translucides, les grains d'arrow-root sont plus fortement ombrés que tous ceux que nous avons déjà observés, et ils offrent des caractères que nous n'avons jamais rencontrés sur ces derniers; les voici :

La fécule d'arrow-root examinée en grand a un œil cristallin, mais mat; elle est plus rude au toucher que celle de pomme de terre, et presque autant que celle d'amidon de froment; elle renferme des grumeaux qui résistent à la pression et craquent sous les doigts. Examinée dans l'eau au microscope, elle offre des groupes de cinq à six et même de dix à douze grains, que le mouvement le plus rapide et l'agitation le plus prolongée ne parviennent pas à désassocier, et qui voyagent de compagnie dans le liquide.

Mais ce qu'il y a de plus distinctif dans les caractères physiques de cette fécule, c'est que chacun de ces grains représente une moitié, un quart, un tiers, etc., de sphère solide, que d'autres sont de petits cylindres ayant une extrémité arrondie en calotte et l'autre aplatie, enfin que d'autres ressemblent exactement à des molettes de peintre; en sorte que chacun de ces grains a toujours une ou plusieurs surfaces anguleuses, dont la réfraction

(*) Voyez l'analyse et la critique du travail de Guibourt, *Annales des sciences d'observation*, tome II, n° 1, page 90, avril 1829.

produit ces ombres si fortes et si variées que l'on observe sur les contours de l'image microscopique; on croirait quelquefois avoir des cristaux devant les yeux. Cette structure est telle que la description écrite est plus propre à la faire connaître que la figure la plus exacte. En outre, on aperçoit très-souvent, à travers leur face translucide, des lignes noires entre-croisées tantôt en T, tantôt en étoiles, comme dans la fécule de seigle (1019); et, en faisant rouler les grains sur eux-mêmes par le mouvement imprimé au liquide, on s'assure que ces signes ne sont nullement superficiels, qu'ils existent, au contraire, dans le sein même du grain, ce qui indique un retrait de cloisons cellulaires analogues à celles que nous avons observées dans la lentille (1017); les plus gros grains ne dépassent pas $\frac{1}{25}$ de millimètre. De l'adhérence tenace d'un grand nombre de ces grains entre eux, et des surfaces anguleuses qu'ils ont contractées en s'agglutinant, tout en conservant une de leurs surfaces courbes, on serait porté à conclure que cette fécule, composée de grains arrondis et un peu mous, a été traitée immédiatement après son extraction par la chaleur assez élevée d'une étuve. Ce qui me confirmerait dans cette pensée, c'est que, par une ébullition assez prolongée, qui suffit pour étendre les téguments de la fécule de pomme de terre, jusqu'à leur faire acquérir vingt à trente fois leur premier diamètre, les téguments de la fécule d'arrow-root atteignent à peine quatre fois le volume du grain intègre; cela explique pourquoi Pfaff a trouvé que 10 grains d'amidon d'arrow-root bouillis dans une once d'eau ne donnent qu'un liquide mucilagineux, tandis que la même quantité de fécule ordinaire donne, dans la même quantité d'eau, une masse gélatineuse, un véritable *empois* (937).

1026. Fécule de la vesce cultivée (*Vicia sativa*, L.).—Les plus gros grains de cette fécule atteignent $\frac{1}{25}$ de millimètre. Ils affectent, sinon l'aspect, du moins les formes des grains de fécule de pomme de terre; les grains oblongs offrent une fente longitudinale analogue au *hile* de certaines semences. La fécule de la *variété blanche*, outre les caractères précédents, se rapproche de la fécule de *lentille* (1017) par deux ou trois compartiments qu'on remarque sur un assez grand nombre de ses grains.

1027. Fécule de marron d'Inde (*Æsculus hippocastanum*, L.). — Les grains de fécule varient en grosseur selon la grosseur et selon l'âge du marron; ils sont très-irréguliers, étranglés dans le milieu de leur longueur, comme des cocons de vers à soie, ou en forme de reins et de larmes bataviques; il sont fortement ombrés sur les bords; les plus gros grains de fécule ne dépassent pas $\frac{1}{33}$ en longueur.

Les fruits du marronnier, si riches en fécule et si abondants sur les beaux arbres qui décorent nos promenades, restent sans profit, à cause de la substance amère et de la grande quantité de potasse, qui altère la qualité de sa fécule et la rend impropre à l'alimentation. Cependant, au moyen de manipulations bien simples, il serait facile d'utiliser ce fruit, et d'en obtenir 30 sur 100 de fécule, tandis que la pomme de terre ne donne que 22 sur 100 de cette substance. Il suffirait en effet de râper les marrons comme on le fait pour la pomme de terre (1008), de laver le dépôt avec de l'eau très-légèrement acidulée (906) par l'acide sulfurique, ou plutôt, comme le recommande Baumé, d'une eau alcalisée avec de la potasse, de laver ensuite à grande eau pour enlever toute âcreté; la fécule serait ainsi dépouillée de tout ce qui peut la rendre désagréable et nuisible. On pourrait peut-être obtenir le même effet, en se servant du procédé des amidonniers (1016), et provoquant la fermentation par l'addition de gluten ou autre substance fermentescible. Vergnaud recommande la pulpe extraite du marron et réduite en empois sans aucune autre préparation, comme un excellent *parement* (colle) pour les tisserands, à cause du sel déliquescent qu'elle renferme, et qui permettrait de travailler la toile dans un local autre que les lieux humides et malsains, où les ouvriers sont forcés de placer leurs métiers, afin d'empêcher le parement de se dessécher.

1028. Fécule de châtaigne (*Castanea vesca*, L.). — Se rapprochant beaucoup du marron d'Inde par l'aspect et les dimensions, mais s'en éloignant par la forme qui imite deux ou trois formes de la pomme de terre, les grains de fécule bien conservés et fortement ombrés sur les bords sont oblongs, triangulaires, arrondis, sphériques, rarement réniformes; ils dépassent à peine $\frac{1}{33}$ de millimètre. Le châtaigne remplace le pain pour les habitants de cinq à six départements de la France, pendant près de six mois de l'année.

1029. Fécule de tapioka (*Janipha manioi*, L.), fig. 15. — Les grains de fécule de cette racine de

dépassent pas $\frac{1}{35}$ de millimètre. Ils affectent la forme arrondie, et offrent, dans leur centre, un point noir qui provient d'un jeu de lumière dû à quelque circonstance de leur structure interne, ou à une dépression de leur surface.

On distingue deux espèce de *tapioka :* le *manioc doux* et le *manioc amer*. C'est de la racine du *manioc doux* qu'on extrait en Amérique, et par les procédés ordinaires, une fécule abondante, connue, dans les colonies, sous les noms de *cipipa* et de *moussache*. Les blanchisseuses s'en servent pour blanchir la linge, quoiqu'elles préfèrent pour cet usage la fécule d'*arrow-root*, qu'elles nomment improprement *sagou*. L'arrow-root, en effet, doit fournir un amidon moins pâteux (1025).

La pulpe de la racine, qui reste sur le tamis, est séchée et légèrement torréfiée ; on la broie en farine grossière, que l'on vend sous le nom de farine de *coucousse* ou *tapioka ;* bouillie avec du lait, elle forme un aliment aussi nutritif qu'agréable.

La *cassave* ou *pain de cassave* est une préparation alimentaire, tirée également des racines du tapioka. On les lave lorsqu'elles atteignent la grosseur du bras, on exprime la pulpe dans des sacs à plusieurs doubles, on l'étend sur des plaques de fer en couches d'un à deux pouces d'épaisseur, et on la fait cuire en forme de galettes, qu'on met sécher au soleil sur le toit de chaume des cases à nègres.

Le suc du *manioc amer* renferme un principe vénéneux, qui paraît être un mélange d'acide hydrocyanique.

1030. Fécule d'orge (*Hordeum vulgare*, L.). — Les grains de cette fécule, qui ne dépassent pas $\frac{1}{40}$ de millimètre, ont l'aspect et les formes de la fécule de froment. Les amidonniers soumettent la farine d'orge aux mêmes procédés que cette dernière, pour en obtenir de l'*amidon*.

1031. Fécule de maïs (*Zea maïs*, L.). — Presque tous les grains de cette fécule sont endommagés par la meule, à cause de la grande adhérence que l'huile, la gomme et le sucre, que renferme le périsperme de cette céréale, leur font contracter par la dessiccation. La plupart restent agglutinés entre eux, et présentent l'aspect d'un tissu cellulaire à petites mailles ; tous sont plissés ou plus ou moins ridés, ou plus ou moins irrégulièrement arrondis : les plus gros dépassent à peine $\frac{1}{40}$ de millimètre, et ce ne sont pas les plus nombreux. Mais si, au lieu d'examiner la fécule dans la farine moulue, on l'examine au sortir de la semence jeune et à l'époque où le périsperme est, pour ainsi dire, encore laiteux, les grains ont alors un tout autre aspect ; ils sont parfaitement sphériques, lisses, intègres ; en sorte que, toutes proportions gardées, il me paraît évident qu'on obtiendrait plus de fécule, par l'expression des semences prises un peu avant l'entière maturité, que par la mouture des semences mûres (1018). Car les grains intègres et non crevassés tomberaient au fond du liquide par la première méthode, tandis que par la seconde, ayant été altérés, brisés, déchirés par la meule, ils cèdent à l'eau leur substance soluble, et restent suspendus dans le liquide, avec la légèreté des simples téguments. Voilà pourquoi Parmentier, qui a fait usage de la seconde méthode pour analyser le maïs, a obtenu si peu de fécule de la farine de cette céréale (*Mém. sur le maïs*, Bordeaux, 1785, in-4°).

1032. Fécule des bulbes de l'*Ornithogalum umbellatum*. — Grains de fécule mous, s'agglutinant sur le porte-objet par la dessiccation, à cause du mucilage dont ils sont enduits ; ovoïdes, obscurément trigones, réniformes, ayant les plus gros $\frac{1}{40}$ de millimètre.

1033. Fécule d'orchis ou salep (*Orchis morio, mascula, pyramidalis, latifolia, conopsea, maculata*, L., et autres orchis indigènes). — Depuis plus de quatre-vingts ans, les auteurs français de matière médicale recommandent le salep indigène comme un excellent succédané du salep asiatique. On l'obtient, en lavant les tubercules d'orchis dans l'eau fraîche, les enfilant à la manière d'un chapelet, et les faisant bouillir dans l'eau pendant vingt à trente minutes, c'est-à-dire jusqu'à ce que l'on s'aperçoive qu'ils commencent à se réduire en mucilage ; on les retire alors de l'eau, et on les fait sécher au soleil ou à l'étuve. Une discussion s'éleva, il y a quelques années, parmi les membres de la section de pharmacie de l'école de médecine ; Vauquelin assurait que les tubercules d'orchis renfermaient abondamment de la fécule ; Robiquet, au contraire, soutenait ne pas y en avoir trouvé de traces ; et comme il est impossible de se méprendre en grand sur les caractères de la fécule, et que les deux auteurs étaient également recommandables par l'esprit d'exactitude avec laquelle

lia procédaient dans toutes leurs recherches, on était porté naturellement à conclure que le même organe pouvait contenir de la fécule ou en être privé totalement dans la même espèce; mais voici l'explication de l'anomalie :

La tige d'*Orchis* sort d'un tubercule qui la nourrit, et qui par conséquent s'épuise de jour en jour. Mais à mesure que la tige commence à surgir de ce tubercule, il part, entre plusieurs radicelles simples, un nouveau tubercule qui grossit de plus en plus, et qui doit survivre à la tige ainsi qu'au tubercule maternel, afin de propager l'espèce. S'il arrive à un chimiste de chercher de la fécule dans le tubercule sphacélé, il n'en trouvera certainement pas, et c'est probablement ce qui est arrivé à Robiquet; mais ce même tubercule en avait possédé avant de se sacrifier à la nutrition de la tige. Si on en cherche dans le nouveau tubercule trop jeune, on n'en trouvera pas davantage. En conséquence, il faut cueillir les tubercules d'orchis immédiatement après que les fleurs de la tige commencent à se passer; c'est l'époque où le tubercule nouveau est le plus riche en fécule et en arome.

Les grains de fécule d'orchis, examinés avant d'avoir été réduits en salep par l'ébullition, apparaissent sphériques, et ne dépassent pas, les plus gros du moins, $\frac{1}{100}$ de millimètre; dans quelques espèces ils restent même à la grosseur de $\frac{1}{200}$.

1034. Fécule de sagapasin (*Polygonum fagopyrum*, L.).— La farine en est jaune comme le pollen de cèdre; les grains de fécule en sont si petits, qu'ils atteignent rarement $\frac{1}{100}$ de millimètre. Le tissu cellulaire qui les contient s'éclate, sous la meule, en fragments anguleux de $\frac{1}{7}$ à $\frac{1}{10}$ de millimètre, qui, par leurs facettes et leur aspect jaunâtre, rappellent les granules graisseux que l'on voit figurés par réfraction sur la pl. 10, fig. 33. Par l'effet d'une certaine macération, on parvient à distinguer les grains de fécule dans le sein de ces fragments.

1035. Fécula des céréales qui servaient a l'alimentation des hommes, il y a trois mille ans environ. — Il arriva à Paris, en 1826, une collection d'antiquités égyptiennes, dont la richesse fixa vivement l'attention de toutes les spécialités de la science. Parmi les objets qui frappèrent spécialement les botanistes et les pharmaciens de la capitale, se trouvaient des céréales, que ces observateurs inscrivirent, dans le catalogue raisonné de la collection, sous le nom de *grains de froment* trouvés dans les momies. Curieux d'examiner sous quelle forme la fécule de ces grains avait traversé trente siècles dans l'ombre des sarcophages, il nous fut facile d'en obtenir une certaine quantité de l'obligeance du propriétaire, Passalacqua. En examinant ces grains de plus près, il nous sembla que les plus célèbres botanistes de la capitale avaient procédé un peu légèrement à la détermination de ces céréales; car chacun de ces grains portait un caractère tout à fait étranger aux grains de froment, et qui est au contraire caractéristique de toutes les espèces d'orge, à l'exception d'une seule, l'*orge nue*; chacun d'eux en effet était intimement revêtu d'un fragment plus ou moins considérable des deux paillettes, qui constituent le calice de la fleur des céréales (*). Mais nos grains antiques se distinguaient de l'orge moderne, en ce que la panse offrait, sur ses surfaces dénudées, une coloration rougeâtre qui ne provenait d'aucune substance embaumante; en ce qu'elle était gonflée et beaucoup plus large que celle de l'orge moderne, arrondie, tandis que nos grains d'orge sont carinés, enfin surtout, en ce que le sommet ne portait aucun de ces poils soyeux, qui forment le caractère distinctif de tous les grains de céréales modernes. Mais je remarquai bientôt, par une analyse plus minutieuse, que l'embryon s'était détaché de sa place ordinaire, que les deux couches épidermiques du grain s'étaient détachées par plaques, et avaient emporté avec elles les poils auxquels elles servent de support; que l'intérieur du périsperme présentait des crevasses analogues aux cavités qu'occasionne la cuisson du pain. Enfin, la farine, examinée au microscope, ne se composait que de téguments colorables en bleu par l'iode, et vidés; on voyait aussi quelques grains crevassés et qui se vidaient dans l'eau après un séjour de courte durée; enfin des parcelles de gluten qui avaient perdu toute leur primitive élasticité.

Il était évident à mes yeux que les grains égyptiens, avant d'être déposés, par la religion des tombeaux, dans le sarcophage des momies, avaient été soumis à la torréfaction, formalité religieuse que Moïse conserva et prescrivit par une loi expresse, à l'égard des prémices de la moisson que l'on offrait à *Jéhovah* (*Lévitique*, ch. II, v. 14 et 15). Il ne me resta plus le moindre doute, une

(*) *Nouv. syst. de physiologie végétale et de bot.*, §§ 265, 1715 et 1916.

fois que j'eus soumis à une torréfaction suffisante, dans une cuiller en fer, une certaine quantité de grains de notre orge moderne; j'obtins en effet des grains qui ressemblaient tellement aux grains égyptiens, que les membres de la Société philomathique qui les eurent sous les yeux, avaient de la peine à les en distinguer. Les grains de la collection n'étaient donc pas des grains de blé, mais des *grains d'orge torréfiés* (*). N'allons pas cependant tirer la conséquence qu'il n'existait alors ni blé, ni seigle, ni avoine, etc.; ce fait ne prouvait qu'une seule chose, c'est que dans les momies Passalacqua, il ne s'en était pas trouvé. Plus tard, en effet, en juin 1834, j'ai reçu de l'obligeance de Dubois, conservateur du Musée égyptien du Louvre, un paquet de céréales des momies, qui se composait de grains d'orge et de grains de blé en égales portions; mais ces céréales ne paraissent pas avoir été soumises à une température aussi élevée que les grains de Passalacqua, tant l'extérieur en a été peu déformé. Cependant le périsperme de l'orge a subi, par l'influence du feu, un altération notable.

Ce périsperme est dur, corné, rouge violet très-foncé. Dans l'eau, il prend peu à peu une teinte jaunâtre; et après un séjour de cinq à six heures dans ce liquide, il se délite sous la pression des doigts en une farine grossière et ligneuse, en une espèce de sciure de bois. Cette farine, examinée au microscope, se présente telle que le montre la fig. 35, pl. 6. Ici ce ne sont plus les grains de fécule qui se sont isolés, ce sont les cellules glutineuses, pleines de grains de fécule, qui se séparent, en décollant leurs parois respectives, et en se désagglutinant par la dessiccation. Ces cellules desséchées et isolées par une espèce de retrait offrent toutes les facettes qui émanent de la compression mutuelle des organes (745); elles affectent diverses formes et diverses dimensions, depuis $\frac{1}{3}$ à $\frac{1}{2}$ de millimètre de long, sur $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{10}$ à $\frac{1}{14}$ de large. La fig. 35 les représente au grossissement 350 du microscope double. L'iode colore tous ces paquets en beau bleu violet. Sous le rapport physiologique, chacun de ces paquets est l'analogue d'un grain de fécule (1003), dont la cellule glutineuse formerait le tégument.

Les grains de blé antique possèdent un périsperme si blanc, qu'au premier coup d'œil, on serait porté à croire qu'ils n'ont subi aucune espèce de torréfaction; rien ne les distingue du reste, à l'œil nu, des grains de blé moderne. Mais le gluten n'en a pas moins perdu toute sa ductilité; il n'est plus susceptible de former pâte à la malaxation, il se délite comme celui de l'orge antique; quant aux grains de fécule, ils sont presque tous aplatis en ménisque, d'autres sont affaissés, d'autres crevassés; et beaucoup de téguments flottent larges et distendus dans le liquide.

La dimension des grains de fécule de l'orge et du blé antiques est la même que celle des grains de fécule de l'orge et du blé modernes.

1036. *Tableau des dimensions les plus grandes auxquelles parviennent les grains des fécules ci-dessus énumérées.*

Noms des plantes.	Organes d'où on extrait la fécule.	Dimensions en millim. des grains de fécule.	Figures de la pl. 6. qui les représentent.
Massette. . . . . (*Typha*, L.) (993)	rhizomes	1/7	17
Pomme de terre . . . . . (*Solanum tuberosum*, L.)	tubercules	1/8	1, 2, 29
Châtaigne d'eau . . . . . (*Trapa natans.*) (999)	fruit	1/10 sur 1/12.	36.
Charaigne . . . . . (*Chara hispida*, L.)	graine	1/10	3

(*) Voyez notre travail inséré dans les *Mémoires du Muséum d'hist. nat.*, 1827; *Bullet. univ.*, 1re sect., janvier 1827.—Dans le *Journal de chimie médicale*, tom. III, pag. 181, J. F. on a donné une analyse, d'après une méthode de réduction toute particulière: elle consiste à transcrire littéralement la tesla de l'auteur, dont on se charge d'analyser les expériences, et à apposer sa signature au bas de l'extrait. Il n'y a au monde que l'auteur analysé, qui soit en état de reconnaître le stratagème, et de découvrir que la première personne de tous les verbes de l'analyse équivaut mot à mot à la troisième personne, et ne désigne rien moins que le consciencieux rédacteur, qui, pour son propre compte, avait imprimé tout le contraire, deux mois auparavant.

Noms des plantes.	Organes d'où on extrait la fécule.	Dimensions en millim. des grains de fécule.	Figures de la pl. 6. qui les représentent.
Sagou (*Cycas circinalis*, L.)	moelle	1|10	5
Lis des Incas (*Alstroemeria pelegrina*, L.)	bulbes	1|10	6
Avoine (*Avena sativa*, L.)	périsp. des semences	1|14 sur 1|33.	24 32
Charaigne	articulations	1|14 sur 1|20.	4
Lupin (*Lupinus hirsutus*, L.)	cotyléd. de l'embryon	1|15	
Haricot (*Phaseolus vulgaris*, L.)	*ibid.*	1|15	
Igname (*Dioscorea sativa*, L.)	tubercules	1|17	8
Lentille (*Ervum lens*, L.)	cotyléd. de l'embryon	1|17	26, 33, 34
Froment (*Triticum sativum*, L.)	périsp. des graines	1|20	12
Seigle (*Secale cereale*, L.)	*ibid.*	1|20	25
Fève des marais (*Vicia faba*, L.)	cotyléd. de l'embryon	1|20	7
Pois vert (*Pisum sativum*, L.)	*ibid.*	1|20	11
Tulipe (*Tulipa gesneriana*, L.)	bulbes	1|20	9
Iris (*Iris florentina et germanica*, L.)	rhiz. pris en octobre	1|20	14
Arrow-root (*Maranta arundinacea*, L.)	tubercules des racines	1|25	31
Fausse fécule de topinambour d'Amérique		1|25	11
Vesce (*Vicia sativa*, L.)	cotyléd. de l'embryon	1|25	
Nénufar (*Nymphæa lutea*, L.)	racines	1|25	
Orobanche (*Orobanche ramosa*, L.)	base tubéreuse de la tige et ovaire	1|25 sur 1|50.	
Marron d'Inde (*Æsculus hippocastanum*, L.)	cotyléd. de l'embryon	1|33	
Châtaigne (*Castanea vesca*, L.)	*ibid.*	1|33	
Tapioka (*Janipha maniot*, L.)	racines	1|33	
Orge (*Hordeum vulgare*, L.)	périsp. des graines	1|40	
Maïs (*Zea maïs*, L.)	*ibid.*	1|40	
Dame d'onze heures (*Ornithogalum umbellatum*, L.)	bulbes	1|50	
Orchis (*Orchis latifolia*, L.)	tuberc. uniq. de l'année	1|50	

Noms des plantes.	Organes d'où on extrait la fécule.	Dimension en millim. des grains de fécule	Figures de la pl. 6 qui les représentent.
Souchet comestible . . . . . (*Cyperus esculentus*, L.)	tubercules nombreux	1/70	
Brynne. . . . . (*Bryonia alba*, L.)	racines	1/70	
Patate . . . . . (*Convolvulus batatas*, L.)	gros tubere. en navet	1/75	
Iris . . . . . (*Iris florentina*, L.)	rhizomes de juin	1/100	13
Petit millet . . . . . (*Panicum miliaceum*, L.)	périsp. de la semence	1/400	

N. B. Je n'ai noté dans ce tableau que les dimensions les plus grandes des grains de fécule, négligeant de mentionner et les plus petites qui ont pour limite la puissance de nos moyens d'observation et les intermédiaires qui varient à l'infini et affectent toutes les fractions possibles du millimètre.

§ XIII. *Substance féculoïde des lichens.*

1037. On a beau triturer les lichens, ils ne donnent aucune poudre que l'on puisse assimiler, par ses formes et ses caractères physiques, aux fécules dont nous venons de parler dans les précédents paragraphes. Cependant, si l'on plonge les expansions du *lichen d'Islande* (*Lichen islandicus*, L.) (*) dans une solution d'iode, ses expansions grisâtres ne tardent pas à prendre une couleur bleue ou violette, qui devient de plus en plus foncée, et que de loin on croirait brune. Une fois sèches, ces expansions imitent, à s'y méprendre, celles des plantes marines de la famille des *Fucus* dont on extrait l'iode; et leur exposition prolongée à l'air dans cet état ne les dépouille pas de cette couleur. Il n'en est pas de même, si on les tient exposées à l'air dans l'eau; elles ne tardent pas à perdre cette coloration brune violette, pour reprendre leur première couleur gris verdâtre. L'eau favorise l'évaporation de l'iode qui s'était attaché au tissu du lichen; mais elle ne donne aucun indice de la formation d'un acide, qui puisse faire présumer que l'iode n'a abandonné le tissu qu'en décomposant l'eau, pour former un hydracide et un oxacide (**).

1038. Soumises à une ébullition prolongée dans l'eau, et après avoir été plus ou moins divisées, ces expansions se ramollissent, deviennent flasques, en conservant leur couleur hyaline, transparentes et plissées sur leur surface; et elles offrent, çà et là enchâssés dans leur tissu, des grumeaux opaques, d'un vert tendre, de formes et dimensions variables, mais dépassant rarement

(*) Ce que nous disons du lichen d'Islande, s'applique également aux espèces suivantes : *Lichen plicatus*, *barbatus*, *farinaceus*, *frazineus*, etc.

(**) Il n'y aurait rien d'invraisemblable à penser que c'est à la combinaison de l'iode avec une substance féculoïde, que les *Fucus* doivent la couleur violet sombre ou purpurine qui les distingue. L'incinération n'aurait d'autre effet que de reporter sur la potasse, que renfermaient probablement certains organes des *Fucus*, l'iode abandonné par la combustion de la substance organique. On pourrait objecter que l'iode tend à abandonner la fécule plongée dans l'eau, et à s'évaporer ou à se combiner avec les bases terreuses dissoutes ou suspendues dans le liquide. Mais on peut répondre que cet effet ayant lieu sur des organes bruts et sans vie, rien ne porte à croire qu'il aurait également lieu, lorsque l'iode serait combiné avec des organes doués de vitalité et surtout entourés d'un mucilage organisé, qui protégerait la combinaison contre l'invasion de l'eau ambiante. D'un autre côté je soupçonnais que le sel marin pourrait bien être un agent protecteur de cette combinaison colorée, entre l'iode et la substance organique des *Fucus*, et que nos *Lichens* colorés en bleu par l'iode pourraient bien à leur tour conserver plus longtemps leur coloration dans l'eau salée que dans l'eau pure. L'expérience m'apprit que je ne m'étais pas trompé; mais il faut avoir soin, dans cette expérience, d'employer un sel marin pur de tout mélange capable de saturer l'iode par des bases terreuses. La coloration bleue se conserverait peut-être indéfiniment dans un semblable liquide, si l'on pouvait y reproduire les circonstances que l'on retrouve dans les flots de la mer. Car on sait que l'eau salée, et même saturée de sel marin, est bien loin d'être un antiseptique pareil à l'eau de la mer agitée par les vents; la décomposition de l'être organisé le plus viable ne tarde pas à s'y manifester dans nos cases. En conséquence, l'iode doit être tôt ou tard forcé d'abandonner la substance organique conservée dans l'eau salée, pour se porter sur l'ammoniaque produite par la marche de la décomposition, et la substance ne tarde pas à se décolorer. Quoi qu'il en soit, cette expérience, malgré toute son imperfection, ne laisse pas que de rendre plus que probable, l'hypothèse qui nous était venue dans l'esprit, au sujet des *Fucus*.

1 millimètre ou 2 millimètres au plus, et qui ne sont autre chose que des organes résineux (*). L'eau est chargée d'une substance coagulable par l'alcool et par tous les réactifs qui coagulent la substance soluble de la fécule (909), et elle se colore en bleu par une forte solution d'iode; mais à l'œil nu on distingue très-bien, à travers ce bleu, des particules infiniment petites, qui restent blanches et rendent le liquide louche et à demi laiteux. quoiqu'au microscope l'eau n'offre rien qu'on puisse assimiler à des téguments; au bout de vingt-quatre heures, ces particules se précipitent au fond du vase, et si on a eu soin de colorer préalablement le liquide par l'iode, on distingue alors dans le fond, une couche incolore, blanche, avec une légère teinte bleue, surmontée par un liquide limpide et d'un bleu franc, qu'on peut ainsi décanter et obtenir séparément; c'est la substance soluble de la fécule obtenue à l'état de pureté. Cette substance prend une teinte jaunâtre due à une matière colorante, qui, étant également soluble dans l'eau, ne peut être isolée; ce qui prouve l'existence des téguments colorables par l'iode, c'est que l'ébullition la plus prolongée des fragments de ces expansions, en les dépouillant de presque toute leur substance soluble, n'enlève jamais au tissu insoluble, la faculté de se colorer en bleu plus ou moins violâtre par l'iode (909).

1039. Quand on observe au microscope une de ces expansions colorées par l'iode, il est facile de s'assurer que la substance féculente ne se trouve pas dans l'enveloppe externe, d'où partent immédialement les papilles, qui à l'œil nu apparaissent comme des cils. Car on voit distinctement cette enveloppe externe et ces cils se détacher sur les bords, avec leur transparence, leur couleur jaunâtre et leur contexture granulée, de la masse interne qui est opaque et colorée en bleu très-foncé.

1040. Il résulte de ces observations que les lichens renferment la substance de la fécule, dans des téguments qui refusent de s'isoler les uns des autres, et restent empesonnés, avant comme après l'ébullition, dans le tissu qui les engendre. La fécule de *massette* (993) nous a présenté un phénomène intermédiaire entre celui que nous offrent les lichens, et celui que nous offrent les autres végétaux qui renferment de la fécule. Si donc je me suis servi de l'expression de ***substance féculoïde de lichen***, c'était moins, pour désigner une nouvelle substance chimique, qu'une nouvelle modification physique d'une substance identique.

1041. Cependant les chimistes en ont jugé autrement; et si leurs expériences représentaient fidèlement ce qui se passe dans la nature, il faudrait, contre leur sentiment, classer la substance féculente des lichens bien loin des fécules ordinaires. Mais il est assez facile de prouver que la substance qu'ils ont décrite est le produit du laboratoire et non celui de la végétation. « D'après » Berzélius (*Chim. trad.*, tom V, p. 210), on » extrait l'amidon des lichens de la manière sui» vante : on hache le lichen très-fin, et l'on en » fait digérer une livre dans dix-huit livres d'eau, » dans laquelle on a dissous une once de POTASSE » DU COMMERCE. On laisse le lichen pendant vingt» quatre heures dans cette eau, en ayant soin de » remuer souvent le mélange. L'alcali dissout un » principe amer (**), presque insoluble dans l'eau, » ET LA LIQUEUR SE COLORE EN BRUN. On prse le » lichen sur un linge, on laisse égoutter la lessive, » puis on la fait macérer avec une nouvelle quan» tité d'eau, et l'on continue ainsi, tant que celle» ci paraît amère et alcaline. Le lichen ne doit pas » être exprimé; car pendant ce traitement, UNE » GRANDE QUANTITÉ D'AMIDON A ÉTÉ MISE A NU, et » suit l'eau sous forme de petits grumeaux trans» parents. On fait bouillir alors le lichen avec neuf » livres d'eau, jusqu'à ce qu'il n'en reste que six » livres, on passe la dissolution toute chaude à » travers un linge, et on exprime le résidu. La » liqueur filtrée est limpide et incolore: pendant » le refroidissement, elle se couvre d'une pellicule, » et se prend à la fin en une gelée opaque, gri» sâtre, qui se contracte peu à peu, se feuille, » et rejette le liquide dans lequel elle était dis» soute; si on la suspend dans une toile de lin,

(*) Ces organes, qu'aucun cryptogamiste n'a encore mentionnés, parce qu'on ne les aperçoit qu'après avoir dépouillé le tissu d'une grande partie du mucilage par l'ébullition, ces organes, dis-je, ne seraient-ils pas les analogues des organes mâles des végétaux d'un ordre supérieur (*voir ci-après l'analyse du pollen*)? Quant aux organes femelles, on s'accorde généralement à les reconnaître dans les petites capsules qui naissent sur les bords des expansions de ces sortes de lichens. Lorsqu'on plonge, dans une solution d'iode, une expansion crue, ces organes mâles se dessinent sur la couleur bleue, comme des taches jaunes.

(**) Ce principe amer réside sans aucun doute dans les organes mâles, dont nous avons déjà parlé, de même que la substance que les uns ont désignée sous le nom de corps gras résineux, et les autres sous celui de cire, et qui n'est autre chose que l'association artificielle de la cire et de la résine qu'on rencontre dans les pollens ordinaires.

» ou qu'on la laisse sur du papier gris, le liquide » s'écoule peu à peu. Complétement desséchée, elle » est noire, dure et à cassure vitreuse. Dans l'eau » elle se gonfle et perd sa couleur, qui provient » d'une matière extractive devenue insoluble; » dissoute dans l'eau bouillante, elle donne après » le refroidissement une gelée tout à fait incolore, » mais opaque. Elle a une légère odeur de lichen, » mais point de saveur; elle est insoluble dans » l'alcool et dans l'ether, peu soluble dans l'eau » froide. Dans l'eau bouillante l'amidon se ras- » semble à la surface de la liqueur, SOUS FORME » D'UNE PEAU qui se contracte peu à peu, forme » UN CORPS MAMELONNÉ, SE DESSÈCHE ET POSSÈDE » TOUTES LES PROPRIÉTÉS DE L'AMIDON. Par une » ébullition prolongée longtemps, l'amidon de » lichen perd la propriété de se prendre en gelée. » L'IODE LE COLORE FAIBLEMENT, la couleur pro- » duite tient du BRUN ET DU VERT, etc. »

1042. Voilà certes une bien singulière fécule qui, obtenue à l'état de la plus grande pureté, s'il faut en juger au moins par la complication des procédés, ne se colore plus comme l'amidon, mais bien en brun verdâtre, n'est plus blanche, mais brune et noire après la dessiccation, se enagule comme l'albumine par l'ébullition, et qui est alors insoluble à froid dans l'eau. Vraiment les chimistes n'ont pas été conséquents avec eux-mêmes en conservant à cette substance le nom d'amidon; on a créé des dénominations nouvelles sur des caractères bien moins nombreux et bien moins tranchés. Heureusement, comme je l'ai déjà fait observer, tous ces caractères sont artificiels, et je le prouve.

1043. La substance soluble de la fécule des lichens, obtenue par le procédé si simple que j'ai indiqué, a tous les caractères de solubilité, d'aspect et de coloration des substances solubles de toutes les autres fécules. Obtenue par les procédés compliqués de Berzelius, elle a tout perdu de ce qui la constituait fécule, hors le nom que veut bien lui laisser l'auteur. Il est facile de concevoir qu'il y a ici altération et non isolement d'une substance; or, cette altération est incontestablement le fait de la potasse, dans laquelle on a laissé digérer les fragments de lichen. Cet alcali s'est introduit dans le tissu, de manière que par les plus grands lavages il serait impossible de l'en séparer; sa présence altère et ce tissu et les substances organiques qu'il renferme, ainsi que nous aurons l'occasion de la faire remarquer plus bas, en nous occupant spécialement des effets de ces sortes d'altérations. Nous y verrons que le dernier résultat des altérations produites par cet alcali est de coaguler les substances solubles et gommeuses, de les jaunir et de les carboniser plus ou moins. Il n'y a donc rien d'étonnant que la substance féculente que nous avons obtenue si blanche, si soluble et se colorant en si beau bleu par l'iode, Berzélius l'ait obtenue sous forme de peau noire, à cassure vitreuse, se colorant en vert brun par l'iode, et refusant de se redissoudre même dans l'eau chaude. Quelle si grande nécessité existe-t-il donc de traiter le lichen par la potasse? Pour dissoudre la substance amère? Mais celle-ci est si peu soluble dans l'eau que sa présence modifiera à peine la saveur de la substance soluble; du reste vous en tiendrez compte. D'un autre côté, la potasse ne dissout pas toute la quantité de cette substance amère; car, quelque divisés que soient les fragments de lichen, il y aura toujours des portions si bien emprisonnées dans le tissu, que la potasse ne pourra pas les extraire, à moins d'être employée en quantité telle que les tissus en seraient tout altérés. Ainsi, même après ce traitement, le liquide renfermera toujours, quoi qu'on fasse, une certaine quantité de cette substance amère. D'un autre côté, l'eau alcalisée dissoudra, outre cette substance amère, une immense quantité de substance soluble de la fécule; en sorte que, d'après le traitement de Berzélius, les lichens épuisés par les lavages renfermeront bien plus de ce mucilage coagulable et précipitable, que d'amidon; et le résidu de l'ébullition et de la dessiccation en offrira d'autant moins les caractères d'une substance féculente; l'iode, colorant en jaune les tissus naturels et artificiels, déjà colorés en partie en brun par la potasse, et en bleu, la faible quantité de substance féculente non altérée, donnera alors cette couleur brun verdâtre qu'a observée Berzélius.

1044. En résumé, pour obtenir la substance soluble de la fécule des lichens, divisez autant que possible leurs expansions, après les avoir bien dépouillées des corps étrangers qui s'y attachent; faites-les bouillir dans un excès d'eau. Abandonnez à lui-même le liquide décanté, deux ou trois jours, dans un lieu frais, enfin jusqu'à ce qu'un précipité floconneux ait lieu; filtrez le liquide, et vous aurez là la substance soluble, dans son plus grand état de pureté. La substance amère, si peu soluble dans l'eau, ainsi que presque toute la substance qui colora le liquide en roussâtre, finiront par se précipiter de la même manière, enveloppées par le mucilage coagulé, dont nous venons de parler. Ou bien clarifiez au noir animal et à l'albumine, faites bouillir une seconde fois et fil-

trez; vous obtiendrez peut-être la substance féculoïde pure, dans un plus bref délai (*).

§ XIV. *Applications pratiques des expériences exposées dans les douze paragraphes précédents.*

1045. Les féculea obtenues à l'état de pureté, et dépouillées des substances étrangères qui peuvent rester adhérentes à la surface de leurs grains intègres, sont toutes chimiquement identiques, et toutes également propres aux divers usages auxquels on les destine. Il en est pourtant, comme la fécule de bryone (*Bryonia alba*, L.), qui retiennent toujours, quoi qu'on fasse, des quantités appréciables de la substance vénéneuse qui leur est associée dans les organes de la plante. On emploie alors, à l'effet de dépouiller ces fécules de cette substance étrangère, un acide ou un alcali (la potasse) assez étendu, pour ne point attaquer les téguments de la fécule (933), tout en dissolvant le principe amer et malfaisant.

1046. Économie domestique. — Il arrive très-souvent, au moins à Paris, que la fécule que l'on soumet à l'ébullition dans le lait, après s'être un instant épaissie, devient, par une ebullition un peu plus prolongée, aussi fluide que le lait lui-même. Cela résulte de l'action du sous-carbonate de potasse, avec lequel les nourrisseurs de la capitale sophistiquent leur lait, afin de l'empêcher de tourner. Ce sel corrode et finit par déchirer les tegumenta de la fécule, et par rendre rigides leurs fragments, ce qui s'oppose à la formation de l'empois (937). Peut-être serait-ce là un moyen de reconnaître la sophistication?

1047. Repassage du linge. — Pour repasser le linge, un peut employer, non-seulement l'amidon de froment, mais encore la fécule de pomme de terre, celle des marrons d'Inde, etc.; et d'un autre côté on peut en faire usage, soit à froid, soit à chaud, à l'état d'empois ou à l'état de poudre. Dans ce dernier cas, l'effet sera le même, si les fers à repasser sont suffisamment échauffés; il suffit de délayer en effet la fécule dans un peu d'eau, d'en imprégner le linge en le battant entre les mains, et d'appliquer le fer chaud quand le linge est encore humide; les grains de fécule éclateront sous l'influence de la chaleur, les téguments s'étendront en se combinant avec l'eau dont le linge est imprégné, la substance soluble se dissoudra en partie dans cette humidité, et le linge sera collé et séché par le même coup de main; mais il le sera plus regulièrement et d'une façon plus fine.

1048. Nutritilité de la fécule. — La fécule n'est réellement nutritive pour l'homme qu'après l'ébullition; la chaleur de l'estomac ne suffit pas pour faire éclater tous les grains de la masse féculente, que l'on soumet à la rapide élaboration de cet organe. L'estomac des bestiaux, volailles, enfin de tous les animaux herbivores, paraît jouir sous ce rapport d'une propriété particulière; car ils ne dévorent les substances féculentes qu'à l'état de crudité. Cependant des expériences récentes constatent les heureux effets de la cuisson des pommes de terre qu'on leur sert, et de la panification de la farine d'avoine, par laquelle on remplace les grains entiers de cette céréale. Quoi qu'il en soit, il est évident que les grains broyés sont, pour ces animaux, bien plus nutritifs que les grains entiers, qu'ils rendent, en si grand nombre, aussi intacts qu'ils les ont avalés. Qu'ensuite la substance soluble soit plus nutritive que les téguments, c'est une hypothèse et non un fait démontré; nous renvoyons à l'article de la digestion, les developpements relatifs à la nutrition et à la qualité des substances alimentaires.

1049. Panification. — Elle a pour but de faire éclater tous les grains de fécule, qui se trouvent associés à une substance éminemment fermentescible, dont nous nous occuperons plus bas, et que l'on nomme *gluten*. Les pains les plus beaux et les mieux cuits sont ceux qui proviennent des farines riches en un *gluten* élastique; car alors le gluten, se soulevant en larges crevasses, par la dilatation des gaz qu'il emprisonnait, permet à chaque grain feculent d'assister à la communication du calorique et d'éclater comme par l'ébullition. Aussi, après la panification, si la pâte a été préalablement bien pétrie, ne trouve-t-on plus dans la pâte un seul grain de fécule intègre. Le pain sera donc d'autant plus mat et moins bien cuit qu'il renfermera moins de ce gluten élastique; voilà pourquoi les pains de seigle et d'orge, toutes

(1) Je ne serais pas éloigné d'attribuer, à la présence de ce mucilage, la promptitude avec laquelle la couleur bleue imprimée par l'iode disparaît à plusieurs reprises, même dans un flacon bouché. Les sels emprisonnés dans les mailles imperceptibles de ces fragments s'empareraient, dans cette hypothèse, de l'iode; car, après trois ou quatre nouvelles colorations, la couleur ne disparaît pas.

choses égales d'ailleurs, sont moins nourrissants que les pains de froment. Le pain de froment sera à son tour d'autant plus mat et moins parfait, que la farine aura été plus ou moins mélangée avec telle ou telle farine ou avec telle ou telle fécule.

1030. On a observé que plus on mêlait de fécule étrangère à la farine, moins le pain acquérait de poids. Ainsi 6 de farine donnent 8 de pain, tandis que 3 livres de farine de froment mélangées à 3 livres de fécule de pomme de terre ne donnent que 6 livres de pain. En voici la raison : les grains de fécule ne s'imbibent pas d'eau, ils ne font que s'en mouiller; en d'autres termes, ils ne retiennent l'eau que par adhérence; le gluten, au contraire, s'imbibe d'eau, comme le ferait une éponge; plus on le pétrit et plus il en absorbe; or c'est l'eau, dans cette circonstance, dont le poids s'ajoute au poids de la farine. Deux raisons s'opposent donc à ces sortes de mélanges; et cette sophistication, pour n'être pas un crime, n'en est pas moins une fraude; puisque le résultat immédiat est de diminuer à la fois le poids et la qualité nutritive du produit.

1031. SOPHISTICATION DES FARINES PAR LA FÉCULE. — Pendant les trois ou quatre années qui précédèrent la publication de la première édition de cet ouvrage, je rencontrai peu de farines, vendues sur le marché de la capitale, qui ne continssent une quantité appréciable de fécule de pomme de terre. Celle-ci était à si bas prix, que le vendeur pouvait gagner 25 pour 100 par ce mélange. Quoique sa présence n'altère en rien l'aspect de la farine de froment, cependant, avec un peu d'habitude, on vient à bout de la découvrir à l'œil nu, quand elle s'y rencontre en assez grande quantité; la farine a un aspect cristallin, qui ne lui est pas ordinaire. Au microscope la fraude devient des plus faciles à découvrir, et je me ferais fort de la déceler, quand même la farine n'en renfermerait qu'un centième. Depuis cette époque, le prix de la fécule de pomme de terre s'est tellement élevé, par suite de la multiplicité de ses emplois, que les marchands de farine n'ont plus trouvé un assez grand bénéfice à sophistiquer leurs denrées par le mélange de cette espèce de fécule, et la fraude est devenue moins fréquente. Les fournisseurs des établissements publics, obligés d'acheter l'indulgence ou la connivence de bien des employés, sophistiquent la farine convenue, avec des farines plus grossièrement obtenues des graines de rebut, telles que les féveroles, les mauvais pois et même les vesces, etc. (*). Si l'on peut se procurer une minime quantité de ces farines, ou trouver, dans le pain, un de ces grumeaux intacts de farine que les boulangers nomment des *marrons* (960), il sera possible, avec le secours des nombres et des figures que je publie (1036), de découvrir la nature du mélange. Qui se méprendrait sur la fécule de seigle, de lentilles, de pomme de terre? Souvent, sans pouvoir préciser la nature de la substance étrangère, il sera facile d'obtenir un résultat négatif. Soit une farine donnée comme de la farine de froment; si les grains de fécule les plus gros au lieu d'atteindre $\frac{1}{20}$ de millimètre, restent presque au-dessous de $\frac{1}{40}$, il sera évident que l'assertion est fausse. Pour arriver ensuite à un second résultat positif, il sera nécessaire d'avoir recours, et à des données statistiques et commerciales, sur le prix et l'origine des substances dont on soupçonne la présence, et à l'analyse en grand, et quelquefois à l'analyse microscopique et comparative des divers organes répandus au hasard dans cette farine. Nous verrons plus bas à quels organes on reconnaît la farine des céréales au microscope (**).

1032. Ainsi, la sophistication d'une farine est susceptible d'être constatée en quelques minutes, à l'aide des notions contenues dans l'histoire de la fécule, et surtout à l'aide de la pl. 6 du présent ouvrage. Un coup d'œil suffira pour reconnaître les différences dans la forme du grain. L'emploi du *micromètre* (504) indiquera sur-le champ les différences de grandeurs, et dispensera du procédé de la double vue, procédé fatigant pour certaines personnes; quant à la qualité du microscope, le microscope simple (450) et une lentille de $\frac{1}{2}$ ligne de foyer, rempliront amplement toutes les conditions de cette expérience. C'est avec ce simple appareil, que nous nous sommes fait fort, en plus d'une circonstance, de reconnaître, à la minute même, la sophistication d'une farine par $\frac{1}{100}$ de fécule de pomme de terre, et que nous avons eu plus d'une occasion de tenir notre promesse. Mais les membres de nos Sociétés d'encouragement ne se rendent pas à l'évidence qui ne leur vient pas de quelque coin officiel; quant aux membres du conseil de salubrité publique (***), ils ont des raisons

(*) Voyez le *Lycée*, 4 décembre 1831.

(**) Nous ne saurions trop inviter les botanistes à dessiner les grains de fécule des plantes dont ils publient les figures, comme ils dessinent les grains de pollen, et d'en noter la grandeur réelle.

(***) Ne confondez pas ce conseil, qui est dans les attributions

palpables, pour se montrer rétifs à certains avertissements. Aussi avons-nous vu, depuis la publication de ce livre, les facteurs de la halle au blé, les syndics de la boulangerie, réunir à ce sujet leurs vœux à ceux de la *Société d'encouragement*, Société qui, encourageant tout ce qui se présente à elle, a le grand malheur d'encourager après coup, et de récompenser de fort singulières choses; et il a été proposé un prix à l'auteur, qui indiquerait le meilleur procédé, pour découvrir, si les farines sont pures ou sophistiquées par la fécule de pomme de terre, et en quelles proportions celle-ci entre dans la sophistication. Il était sous-entendu qu'on n'accepterait pas le procédé si simple et si expéditif de la nouvelle méthode, et qu'il en fallait un conforme aux vieilles habitudes de ces messieurs. Différents travaux et différents bouts de note ont été présentés au jugement de ces diverses corporations, et il s'est trouvé jusqu'à présent que nul n'avait rempli les conditions du programme. Les uns ont comparé les diverses colorations que donnait l'iode aux divers mélanges; les autres ont commencé par séparer le gluten de l'amidon, par établir séparément le poids des deux substances; ensuite, suivant en partie l'idée que nous avions indiquée dans notre analyse du pain des prisons, ils ont cherché à mesurer les couches du précipité féculent, bien sûrs que la fécule de pomme de terre étant plus grosse et plus pesante que la fécule de froment, se précipiterait plus vite et formerait sa couche au fond du vase avant celle-ci; à cette indication ils joignaient la coloration par l'iode, qui affecte, sur la fécule de froment, une nuance tout autre que sur la fécule de pomme de terre. Or, rien de tout cela ne saurait fournir des règles fixes et invariables.

En effet, la coloration peut bien indiquer une différence entre l'amidon de froment ordinaire et la fécule de pomme de terre intègre; car l'amidon de froment est mêlé à des sels en grand nombre qui sont capables d'enlever l'iode à la fécule, il est mêlé à des parcelles de gluten, qui sont dans le cas de masquer et d'altérer la coloration bleue; mais encore la plupart de ses grains sont déchirés par la meule, et cèdent au liquide leur substance soluble, qui se colore en bleu moins intense ou plutôt en violet, et doit nuancer d'autant la coloration des grains intègres. Or, après quelques essais préliminaires, les sophisticateurs ne manqueraient pas d'imprimer tous ces caractères à la fécule de pomme de terre, en l'imprégnant de sels peu solubles, d'huile ordinaire, ou enfin en la torréfiant légèrement, pour que l'eau de la malaxation dissolve une partie de la *substance soluble*. D'un autre côté, ce n'est pas seulement avec la fécule de pomme de terre qu'on peut sophistiquer les farines; nos lupins, nos mauvaises lentilles, nos pois avariés, etc., serviraient tout aussi bien à ce but. Il faudrait donc préalablement avoir constaté le mode de coloration non-seulement de ces diverses substances, mais encore celui qui résulterait de leur mélange en diverses proportions.

Sans doute la fécule de pomme de terre est plus pesante que celle de froment; car ses grains, plus gros, sont plus intègres, plus arrondis et moins altérés, et par conséquent cèdent moins de leur substance incluse au liquide. Dans l'acte de la précipitation, ils formeront donc la couche inférieure, et l'amidon de froment la couche supérieure. Mais cette indication ne saurait être généralisée; il est en effet une foule de fécules aussi légères que celles du froment, il en est une foule d'autres aussi pesantes que celle de la pomme de terre; et toutes peuvent, à la faveur de la torréfaction, devenir aussi légères que celle du froment. La valeur de cette indication se réduit donc à celle d'un fait particulier.

Quant à la constatation des proportions relatives des divers éléments du mélange, dans l'état actuel de la science, il serait absurde d'y prétendre. Non-seulement, en effet, la quantité de gluten, qui par sa ductilité se prête à la malaxation, varie dans la même graine farineuse, selon les divers terrains et les circonstances météorologiques de la saison; mais encore la moindre petite modification apportée à la malaxation de la farine est dans le cas de faire varier à l'infini les proportions relatives de la substance glutineuse et de la fécule, ainsi que nous le démontrerons plus amplement à l'article du gluten. C'est ce qui fait que jamais il n'est arrivé, je ne dirai pas à deux auteurs, mais au même auteur, de se rencontrer dans les nombres de deux analyses différentes de la même farine.

En conséquence, dans l'intérêt de leur temps, et pour nous épargner de trop longues réfutations, nous invitons les *Sociétés d'encouragement* à ne plus encourager aucun procédé fondé sur de pareilles méthodes; de pareils encouragements profitent bien moins à la bonne foi de l'acheteur, qu'à la sophistication du vendeur, qui se joue du pro-

de la préfecture de police, avec le conseil de santé qui est dans celles du ministère de la guerre; nous devons un hommage éclatant à l'impartialité, à la sollicitude et au désintéressement de cette réunion de capacités, parmi lesquelles nous nous plaisons à citer Fauche et le novateur Brousais.

cédé, et s'en sert même pour mieux tromper, sous le masque de l'analyse et de la vérification légale.

THÉRAPEUTIQUE.

1033. La fécule est ordonnée en médecine aux estomacs faibles et valétudinaires; mais il est évident que la fécule pure étant, dans tous les végétaux, identique chimiquement, doit être identique quant à ses propriétés médicales. Il y aurait donc du charlatanisme à imposer au malade l'usage de l'une plutôt que de l'autre, et de préférer, sous ce rapport, une fécule exotique et d'un prix plus élevé à une fécule indigène et moins chère. En conséquence le sagou (1011), qu'il est si facile de contrefaire, et l'arrow-root (1025), doivent dans tous les cas être remplacés par la fécule de pomme de terre, au besoin torréfiée.

Il n'en est pas de même du salep (1033) et du lichen (1037). Car le salep agit, non-seulement par sa fécule, mais encore par son mucilage et son arome, qu'on ne rencontre pas associés à la fécule des autres végétaux, et qui le rendent éminemment utile aux personnes épuisées par des excès vénériens. Il faut en dire autant du lichen, qui, outre son arome propre, son mucilage et sa substance féculoïde, possède encore une substance amère, laquelle peut ajouter des propriétés vermifuges à ses propriétés pectorales et adoucissantes.

1034. Comme fécule pure, celle de la pomme de terre est préférable à toutes nos fécules indigènes, à cause et de la facilité avec laquelle ses grains si intègres se dépouillent, par les lavages, des substances étrangères que peuvent renfermer les liquides de cette solanée, et du bas prix auquel on peut se la procurer. L'amidon de froment ne présente pas tous ces avantages, et retient toujours, quoi qu'on fasse, une portion des substances acides, résineuses et glutineuses, qui existaient avec lui dans la graine, ou qui se sont formées dans l'acte de la fermentation.

ART DU FÉCULISTE ET DE L'AMIDONNIER.

1035. GÉNÉRALITÉS. — La mouture altérant considérablement les grains de fécule (1018), il s'ensuit une grande perte dans l'extraction. D'un autre côté la chaleur produite par la fermentation fait éclater un assez grand nombre de grains, et pourtant la fermentation est nécessaire pour décomposer le gluten de la farine. Il y aurait un moyen d'éviter ces deux occasions de déchet, en employant, pour l'extraction de l'amidon, les grains de céréales, avant leur complète maturité, et à l'époque où le périsperme s'échappe tout laiteux sous la pression des doigts; car à cette époque les grains d'amidon sont parvenus à leur maximum d'accroissement, et le gluten n'a pas encore acquis ses propriétés ordinaires; en sorte qu'il est à présumer que les grains de fécule extraits à cette époque tomberont tous au fond du vase, sans entraîner avec eux aucune parcelle de gluten assez appréciable pour nécessiter une fermentation. Le déchet serait nul, et la perte de temps moins grande (*). Dans plusieurs pays, les amidonniers semblent avoir pressenti l'efficacité de ce moyen, car, au lieu de se servir de farine de mouture, ils laissent tremper dans l'eau les grains de céréales, jusqu'à ce qu'ils se ramollissent, et qu'ils donnent un suc blanc par la pression. Alors ils les enferment dans des sacs de grosse toile, qu'ils soumettent à la presse à plusieurs reprises, ayant soin de les tremper dans l'eau, à chaque nouvelle pression. Il est vrai qu'ensuite ils font fermenter toutes les eaux obtenues, lavent le dépôt qui s'y forme, et le dessèchent à une douce chaleur; mais au moins ils n'ont là que le déchet provenant de la fermentation, et ils évitent celui qui proviendrait de l'altération des grains de fécule écrasés par la meule.

1036. Dans ces diverses opérations, on sacrifie le gluten, qui se dissout par l'acidification dans le liquide, et qui dès lors n'est susceptible que de servir à des destinations accessoires, que pourraient remplir avec un égal avantage des produits d'une moindre valeur. On s'occupe aujourd'hui de recueillir le gluten, et pour cela on extrait la fécule par le procédé de la malaxation, modifié d'après l'échelle d'une fabrication en grand. Nous allons décrire les divers procédés de fabrication qui ont pour but l'extraction de la fécule.

La fécule se trouvant renfermée dans des organes d'une structure physique différente, les procédés d'extraction doivent nécessairement varier d'après cette indication; et il est évident qu'on aura recours à des modes divers, selon que le tissu féculigère sera glutineux (*céréales*), ou ligneux (*pommes de terre, moelle, racines*, etc.).

1037. EXTRACTION DE LA FÉCULE CONTENUE DANS

(*) Mais il est utile de faire observer que ce blé scié avant sa complète maturité serait d'une moins bonne qualité pour les semailles, et que sa grande douceur le rendrait facilement attaquable par les charançons. Comme substance alimentaire, sa farine étant plus blanche et plus douce, est, de temps immémorial, plus recherchée, dans certaines provinces de l'Allemagne, que celle du blé parvenu à sa parfaite maturité.

LES TISSUS LIGNEUX. Elle se résume en deux opérations principales, et dont les procédés employés dans la fabrication en grand ont pour but d'abréger la durée : l'une consiste à déchirer les cellules ligneuses du tissu féculigère, et l'autre à isoler et recueillir séparément les grains d'amidon qui se détachent des parois béantes. Que l'on râpe un fragment de pomme de terre, avec une râpe ordinaire, au-dessus d'un simple verre, dont on aura eu la précaution de recouvrir les bords avec un linge ; si l'on verse, sur le marc retenu par ce filtre, une certaine quantité d'eau, en remuant la masse, on verra au bout de quelques minutes le fond du verre se couvrir d'une poudre blanche comme la neige, d'un aspect cristallin, qu'on reconnaîtra pour de la fécule. Après deux ou trois lavages à l'eau ordinaire, cette petite quantité aura acquis toute la pureté de la fécule du commerce ; et il n'est pas de ménage qui ne puisse, à peu de frais, et à la faveur de ce procédé si peu compliqué, se procurer une quantité de cette substance suffisante pour sa consommation. Mais le temps est la matière première de l'industrie en grand ; elle le vend et elle l'achète, et partant elle l'économise ; tout ce qui abrége la durée de ses opérations est un profit, tout ce qui l'allonge est une perte ; c'est dans la perfection des machines qu'elle cherche la solution de ce problème, d'où dépend sa fortune ; aussi dans les usines en grand, l'opération si simple que nous venons de décrire, exige des appareils assez compliqués.

1° *Féculerie de pommes de terre.*

1058. La meilleure position pour une féculerie est en général le bord d'un courant d'eau, qui serve de moteur à la machine, et fournisse abondamment au lavage et au tamisage. Je ne conçois pas comment on n'a pas encore établi dans les grandes villes des féculeries sur des barques ; l'appareil y gagnerait en vitesse et en simplicité. Soit en effet un cylindre à claire-voie, tapissé çà et là de brosses en crin, recevant par une trémie les pommes de terre à laver, et tournant sur un axe incliné, dans le sein de l'eau même ; l'eau qui le mettra en mouvement, entraînera du même coup le sable et les impuretés insolubles, dont la fabrication a intérêt de dépouiller la surface des pommes de terre ; au sortir de ce cylindre incliné, les pommes de terre tomberaient dans une bâche, où elles seraient reprises par une chaîne sans fin à godets, qui, mise en mouvement par le même moteur que le cylindre, reporterait en haut les pommes de terre, pour les verser dans la trémie à râper, versant en même temps, de chaque godet, une quantité d'eau destinée à laver la pulpe produite par le râpage, et à entraîner la fécule, à travers les mailles du blutoir, dans la cuve qui la recueille. La surveillance d'un ouvrier suffirait à l'économie d'une pareille usine, qui fonctionnerait toujours ; et le premier mécanicien venu est dans le cas d'exécuter ce plan à peu de frais et sur le moindre espace possible ; car toute l'opération se réduit à laver les pommes de terre, les transporter sur la râpe, recevoir et laver la pulpe, recueillir et laver la fécule qui s'écoule à travers les mailles du tamis ou blutoir.

1059. Dans les usines éloignées des grands cours d'eau, on obtient ce résultat avec un peu plus de dépense de main-d'œuvre ; l'eau qui alimente le lavage des pommes de terre et de la pulpe, est déposée dans un réservoir supérieur, d'où elle coule, et parvient à ses diverses destinations par tout autant de conduits. L'un de ces conduits l'amène sur la surface supérieure du cylindre à claire-voie et mobile sur son axe, dans lequel les pommes de terre descendent par une trémie, et d'où elles vont se rendre dans une auge, où la chaîne sans fin et à godets les reprend et les reporte sur la trémie qui les jette sur la râpe. La pulpe tombe dans un blutoir ou tamis cylindrique, qui laisse passer la fécule à travers ses mailles, et déjette à l'une de ses extrémités la pulpe épuisée de cette substance. Après cette opération mécanique, on lave le dépôt formé par la fécule, et l'on sèche cette substance à l'étuve.

1060. Il est rare que le prix de tous les appareils réunis que réclame la fabrication en grand de la fécule, s'élève au-dessus de 1,500 à 2,000 fr. Mais il ne faudrait pas croire que l'ensemble de ces appareils soit indispensable à cette fabrication. En effet, tout ce qu'on opère, dans cet art, avec les machines, peut s'opérer avec un égal succès à la main et avec des ustensiles que l'on trouve partout. La perte de temps est seulement un peu plus grande, mais cette perte-là est de minime valeur, là où l'on a tant de temps à perdre sans rien faire ; et nous ne concevons pas comment il arrive que, dans nos fermes, où l'hiver est si improductif, on ne s'applique point à l'extraction de la fécule, non-seulement des pommes de terre, mais encore des fruits et des diverses racines indigènes, qui recèlent en moindre quantité cette substance. Le fermier ne manquerait jamais de trouver un débouché à sa denrée,

alors même qu'il renoncerait à l'avantage de consacrer sa petite féculerie ou à la distillation, dont nous aurons à nous occuper plus bas, ou à la confection du vinaigre.

Le procédé du féculiste n'est pas plus compliqué que nous venons de le décrire; nous allons passer à quelques considérations sur chacune de ses opérations et sur l'emploi des déchets.

1061. Avant de s'approvisionner de pommes de terre destinées à cette fabrication, il sera bon de s'assurer, par une experience préalable, de la qualité qui, au moindre prix, donne la plus grande quantité de fécule; la fécule se trouvant tout aussi bien dans les pommes de terre de mauvaise que de bonne qualité, il y a avantage à se servir des premières, que l'on achète toujours à vil prix; les pommes de terre avariées, à demi gâtées et gelées même, ne laissent pas que de donner en fécule un louable produit. Or, à ce sujet les règles et les données commerciales, agricoles et industrielles, varient selon les divers bassins géographiques et selon les diverses natures de terrain. Ne vous engouez jamais d'après les annonces payantes des journaux de la capitale, et encore moins d'après les rapports avantageux des membres industriels de nos diverses sociétés savantes, qui vantent, d'un côté, comme académiciens, des produits qu'ils vendent de l'autre comme fabricants ou intéressés à la fabrique; apprenez enfin à croire à votre compétence et à ne pas attendre, sur toutes les questions, votre salut d'en haut. Seulement, procédez par des tâtonnements sagement raisonnés, et ne vous décidez que d'après l'évidence.

La moyenne du produit des pommes de terre en fécule, est de 25 kilogrammes de fécule verte, c'est-à-dire non desséchée à l'étuve, ou 16 de fécule sèche, par 100 kilog. de pommes de terre; les 100 kilog. de bonnes pommes de terre coûtent en moyenne 1 fr. 50 c., et la fécule sèche vaut 24 fr. les 100 kil. La farine de froment vaut 40 fr. les 100 kil. en moyenne.

1062. Le lavage de la pomme de terre peut se faire à la main dans un panier que l'on agite dans l'eau, après y avoir laissé séjourner quelque temps les tubercules, pour permettre à la terre qui les recouvre de s'imbiber d'eau. On le complète à la brosse, si l'opération se fait en petit; l'emploi de la brosse dans la manipulation en grand abrége de beaucoup la durée du lavage, et il suffit que la brosse occupe une bande longitudinale du cylindre laveur.

1063. La râpe doit être construite de la sorte que les dents destinées à déchirer le tissu cellulaire atteignent le plus de cellules possible, sans pourtant déchirer ou écraser les grains de fécule eux-mêmes; car toute cellule non déchirée enfouira sa fécule dans le marc; et, d'un autre côté, tout grain de fécule écrasé ou déchiré cédera sa substance soluble aux eaux de lavage, et montera en suspension par son tégument. Avec le secours du microscope l'industriel parviendra facilement à se rendre compte des effets de la râpe sous ce double point de vue; il découvrira d'un côté dans le marc, en quelles proportions approximatives s'accumulent les cellules pleines de fécule et non entamées par la râpe; et de l'autre côté dans le dépôt féculent, ainsi que dans les eaux du lavage, en quelles proportions se rencontrent les téguments provenant des grains de fécule éventrés.

1064. Dans les appareils en grand, la râpe est formée d'un cylindre tournant horizontalement sur son axe, et dont la surface est hérissée de lames de scies, parallèles entre elles et concentriques à l'axe du cylindre. Les pommes de terre tombent d'une trémie sur cette surface hérissée de dents tranchantes, qui les déchirent dans leur mouvement de rotation, entraînant en bas la pulpe, qui s'écoule de là dans un baquet plein d'eau à travers un tamis. Cette pulpe prend, dans les fabriques, le nom de *bourif*.

1065. On doit la tamiser immédiatement, car elle est prompte à fermenter, et, ainsi que nous l'avons expliqué, la fermentation altérerait le produit que l'on recherche, en faisant éclater, par la chaleur dégagée, les grains de fécule plongés dans l'atmosphère de la fermentation. Le *tamisage* doit avoir pour but de retenir le plus gros de la pulpe au-dessus du tamis; la fécule et quelques débris de cellules d'un petit diamètre tombent dans un tonneau qui est rempli d'eau jusqu'à une certaine hauteur; on agite le mélange, et quand on présume que la plus grande quantité de la fécule s'est précipitée, on décante le liquide dans un autre vase, afin de ne pas perdre la quantité de fécule retardataire qui serait restée en suspension. On *rafraîchit* le dépôt, on l'*épure*, en le lavant dans deux ou trois eaux, et en ayant soin d'agiter préalablement, et de faire monter la fécule en suspension à chaque lavage; on *épanche* à chaque fois les eaux dans le même vase, pour en recueillir de nouvelles quantités de fécule. On *rince* les tonneaux, en les brossant dans l'eau à la surface, pour en enlever la quantité de fécule qui pourrait y adhérer à la faveur du mucilage; les produits de ce *rinçage* se nomment les *blancs*.

Lorsque la fécule a été obtenue lavée et parfai-

lement pure en assez grande quantité, on la fait passer au *ressui*, espèce d'aire en plâtre, qui la dépouille de la plus grande quantité de son humidité. On l'enlève du plancher, lorsqu'elle cesse de s'attacher au plâtre; elle est connue alors sous le nom de *fécule verte*; elle renferme un tiers de son poids d'humidité.

Que si on doit verser le produit aussitôt dans le commerce, on transporte les pains de fécule verte au séchoir ou à l'étuve, selon les saisons.

1066. Le *séchoir* prend le nom d'*étuve*, quand la température de l'atmosphère a besoin d'être remplacée par la chaleur artificielle. La construction de l'une et l'autre doit varier selon les climats, l'exposition et l'importance de la fabrication. Un *ventilateur* habilement construit, et même une *pompe à air* d'une certaine dimension, et fonctionnant par l'eau ou le vent, ou bien par le système des pendules d'horloge, économiserait le combustible et détériorerait peut-être moins les grains féculents. Car la principale condition d'une étuve doit être de rester à une température telle, que les couches externes des pains n'éclatent pas et ne cèdent pas une partie de leur substance soluble à l'eau qui les humecte; ce qui ferait de chaque pain de *fécule verte* une grosse boule de *sagou artificiel* (1011). La température du local ne doit pas dépasser 30° cent. Dans le midi de la France le meilleur séchoir est le grenier de la ferme, que le soleil inonde de chaleur et de lumière, et que les fenêtres exposent à tous les vents.

1067. Après toutes ces opérations, la fécule la mieux lavée n'en conserve pas moins, en beaucoup de circonstances, un aspect bis ou gris foncé. Quelques fabricants la blanchissent au chlorure de chaux délayé dans cinq ou six fois son poids d'eau. Mais cette opération est dans le cas de laisser à la fécule une qualité qui produirait de mauvais effets en certaines circonstances, qui ferait tourner le lait, ou contrarierait les prescriptions médicales. Le fabricant doit avertir le consommateur que la fécule qu'il livre a été blanchie par ce procédé. La fécule que l'on destine aux préparations les plus délicates, ne doit devoir sa blancheur qu'à un lavage à l'eau pure, et à une dessiccation au soleil, précédée par une exposition à la rosée.

1068. On aura l'attention de ne point laisser la fécule verte exposée à une température humide, pendant un certain nombre de jours. Elle ne manquerait pas, en effet, de donner lieu, par l'élaboration des détritus organisés qui lui sont mêlés, de donner lieu, dis-je, à des végétations étiolées, si on la tenait à l'obscurité, et à des végétations verdoyantes, si elle restait dans cet état exposée à la lumière; deux sortes de productions qui ne manqueraient pas de lui communiquer un goût désagréable et des qualités nuisibles sous un certain rapport; il faut que la dessiccation soit aussi rapide que continue.

1069. Les tubercules en pleine germination, gelés ou avariés, donnent des quantités de fécule qui dédommagent amplement des frais de l'extraction. Mais il faut se hâter de râper les unes et les autres; car la germination ayant lieu aux dépens des organes féculents, la décomposition de la fécule s'étend de proche en proche autour du germe, à mesure que celui-ci poursuit son développement. Les tubercules germés, en tout état de cause, fourniront beaucoup plus de fécule que les tubercules avariés ou gelés; quant à ces derniers, la périphérie en fournira bien moins que le cœur du parenchyme, que celle-ci aura protégé contre l'action du froid.

1070. Dans les villes, il s'offre un moyen d'extraire la fécule avec profit, d'un déchet que chaque ménage jette tous les soirs au coin de la borne; ce sont les *pelures* des pommes de terre, que les ménagères coupent, sans trop économiser la substance. La chair seule attachée à ces pelures renferme une proportion considérable de fécule; et ici la matière première ne coûterait qu'à ramasser; le commerce du chiffonnier en grand pourrait chaque jour réunir en magasin les *pelures* de toute la capitale, et les céder aux féculeries à bien bas prix.

2° *Extraction de la fécule de certains autres tissus ligneux.*

1071. Nos champs et nos montagnes ne manquent pas d'autres végétaux, d'où il serait facile d'extraire la fécule avec un certain profit. Avec les bulbes de nos *orchis*, si abondants dans certaines prairies, et de nos *ornithogalum*, on pourrait confectionner le *salep indigène*, en recueillant le précipité après un simple premier lavage. A l'aide d'un acide étendu d'eau on pourrait dépouiller de sa potasse la fécule de nos *châtaignes* (*castanea vesca*); et à l'aide d'une faible lessive, on pourrait dépouiller de son goût amer la fécule des marrons d'Inde, qui jonchent en automne le sol de nos jardins et de nos promenades.

1072. Enfin, il est dans le fond de nos étangs, de nos canaux, et des parties stagnantes de nos rivières, une plante qui pullule avec une étonnante

et même une embarrassante fécondité, et dont la tissu est dans le cas d'être utilisé non-seulement sous le rapport qui nous occupe, mais encore pour la fabrication du papier; ce sont les diverses espèces de *chara* (charsigne)(1009)(*). La fécule remplit en effet leurs articulations et leurs graines. Les tiges de ces plantes sont incrustées extérieurement et intérieurement de carbonate de chaux, dont on les dépouillerait à la faveur du vin aigri, ou des vinaigres de rebut, ou bien de l'acide hydrochlorique étendu d'eau; on laverait ensuite la plante à l'eau courante, et on la laisserait sécher sur l'aire; pour la réduire en poudre et en extraire la fécule par la lévigation (121); ou bien on la foulerait encore tout humide, pour en déchirer le tissu. Enfin, si l'on désirait en faire du papier, on n'aurait qu'à jeter *à la cuve* toutes ces tiges ramollies à l'acide; et la transparence de leurs tissus, collés par la substance verte et l'albumine que chacune de leurs grandes cellules recèle, donnerait peut-être le plus solide papier transparent, du genre de celui qu'on nomme papier végétal. La fécule des articulations et des graines augmenterait encore la force de cet *encollage à la cuve*, si on avait la précaution de soumettre la masse à un certain degré de chaleur, avant de la jeter au pilon. Nous sommes presque convaincu que cette indication donnée par nous depuis longtemps au commerce, n'a pas été négligée par tous les fabricants.

1073. Les résidus de la pomme de terre dont on extrait la fécule, ne doivent pas être considérés comme des objets de rebut. L'eau de lavage, chargée qu'elle est de mucilage et de sels potassiques, peut servir d'engrais liquide surtout pour les gazons et les céréales, et d'eau de lessive pour nettoyer le linge. La pulpe qui formerait un excellent engrais, faute d'engrais animal, est transformée, en mottes à brûler, en se mélangeant avec de la sciure de bois, en carton pour les boîtes; enfin elle sert de nourriture aux bestiaux, comme la pulpe de betterave, surtout si on a soin de la soumettre auparavant à la vapeur, qui fait éclater les grains de fécule emprisonnés dans les mailles non déchirées du tissu; on la mêle alors avec une égale quantité de paille hachée, ou avec un tiers de foin. Si l'on désire conserver cette denrée pour une autre saison, on a soin de l'exprimer à la presse, afin de la dépouiller de son humidité, de la sécher ensuite à l'étuve ou au soleil, en secouant à la main, de temps en temps, le mélange.

(*) Voyez *Nouveau syst. de physiolog. végét. et de botanique*, § 2077.

1074. Extraction de la fécule des tissus glutineux, ou art de l'amidonnier. — Les cellules glutineuses ne cèdent pas du premier coup les grains de fécule qu'elles recèlent; à peine la dent de la râpe qui doit les déchirer les abandonne, que leurs parois réparent, en se soudant, la solution de continuité. Si c'est sur une farine qu'on opère, la moindre parcelle d'eau reforme dans le mélange des cellules artificielles, dont l'art a tout autant de mal à détacher les grains de fécule. Le procédé, pour l'extraction de la fécule de ces sortes de tissus, se modifie donc d'après ces données; il ne faut plus ici se contenter de déchirer une seule fois le tissu, mais il faut le déchirer toutes les fois qu'il se referme sur lui-même; il faut substituer au *râpage*, le *pétrissage*; au *tamisage* la *malaxation*; à moins qu'on ne préfère sacrifier le gluten en le dissolvant dans un acide spontané ou ajouté; et c'est ce dernier moyen qu'ont employé généralement jusqu'à ce jour les *amidonniers*.

1075. On se fera une idée juste des avantages et des inconvénients des deux procédés, en opérant sous un petit volume. Que l'on abandonne de la farine de blé dans un verre à expérience, de manière que le dépôt farineux reste surmonté de dix fois son volume d'eau ordinaire, il s'établira une fermentation de plus en plus active, à la suite de laquelle il se formera un acide (de *l'acide acétique*), qui servira peu à peu de *menstrue* et de *dissolvant* au gluten, à l'huile et à la résine, que l'eau seule aurait refusé de dissoudre. A une certaine époque, dépendante des circonstances météorologiques et de l'élévation de la température du local, le précipité insoluble qui restera au fond du vase, après la cessation complète des signes ordinaires de la fermentation, ce précipité ne se composera presque plus que de grains de fécule intègres; tous les autres éléments organisés de la farine se trouveront, en dissolution ou en suspension, dans l'eau qui surmonte la couche amylacée. Que l'on décante cette portion liquide, et après deux ou trois lavages, on obtiendra l'amidon aussi pur que le réclament les conditions du commerce; dans cette opération le gluten sera perdu, en tant qu'on ne l'obtiendra plus avec les caractères physiques qui en font rechercher l'emploi dans les arts, et que chimiquement il n'existera dans le liquide qu'en une quantité moindre qu'auparavant; le liquide qui le dissout prend, dans les manufactures en grand, le nom d'*eaux sûres*.

1076. Au lieu d'abandonner ainsi à une décomposition spontanée la farine de froment, pour en

extraire *l'amidon*, on peut obtenir séparément cette substance dans l'espace de quelques instants. En effet, que l'on pétrisse la farine de froment avec une certaine quantité d'eau, et, comme si l'on avait l'intention d'en faire du pain, qu'on abandonne quelques instants à l'air cette masse, pour en opérer la cohésion, par l'évaporation des molécules aqueuses dont la surface est imprégnée. Que l'on soumette entre les mains cette pâte sous un petit filet d'eau (*), et qu'on la foule sans cesse entre les mains, en ayant soin de tenir les doigts assez serrés et les deux mains assez rapprochées par le bas, pour ne laisser passer que l'eau laiteuse que l'on recueille dans une terrine placée au-dessous; on *malaxera* de la sorte la farine; lorsque l'eau passera limpide à travers les doigts, et que la pâte que l'on malaxe sera devenue plus cohérente et plus élastique, on aura entre les mains toute la quantité de gluten qu'il est possible de retirer, par ce procédé, de la farine du froment, et, dans le fond de la terrine, à l'état de précipité blanc comme la neige, toute la quantité d'amidon que le gluten peut abandonner à l'eau de lavage, qui dissout tout ce que le gluten n'emprisonne pas; on n'aura plus qu'à passer à deux ou trois eaux cet amidon, pour l'obtenir aussi pur que celui de la pomme de terre. Le gluten ainsi obtenu à part, pourra être utilisé d'une foule de manières différentes, en économie industrielle et domestique.

1077. Au premier coup d'œil, le second de ces deux procédés paraît être plus à la convenance du laboratoire que de la fabrique; et le premier procédé, où le temps fait tout, semble moins dispendieux que le second, qui réclame une opération manuelle continue. Cependant, un assez grand nombre d'industriels viennent enfin d'adopter de préférence le second, et ils y trouvent un double avantage. Nous allons décrire les deux, avec les modifications que la théorie nouvelle doit apporter à l'un et à l'autre.

1078. 1° *Extraction de l'amidon des céréales par l'acidification.* — La farine de froment que l'on destine à cette opération doit avoir été moulue, les meules moins serrées que pour la farine de boulangerie; et cela afin qu'elle renferme moins de grains de fécule concassés ou déchirés par les aspérités siliceuses de la meule (1018). Quelques amidonniers même ont aujourd'hui adopté le système de remplacer la farine moulue, par le mouillage des grains qu'ils expriment ensuite dans l'eau, pour en faire sortir tous les principes farineux, sous forme de mucilage (1055); ce procédé bien dirigé doit donner une grande quantité d'amidon de plus, parce que les grains de fécule y sont moins exposés à être altérés par le broiement. Quoi qu'il en soit, on abandonne la farine (1055) obtenue par l'un ou l'autre procédé, ou l'abandonne sous forme d'une bouillie à sa propre décomposition, dans des tonneaux de bordeaux, pendant trois semaines à un mois, après y avoir ajouté les *eaux aûres* d'une opération précédente. La fermentation s'établit aussitôt, et soulève un chapeau d'écume grasse, sous lequel viennent crever des bulles de gaz mélangés, qui répandent une odeur infecte et malsaine. Lorsque la fermentation a cessé, le mélange offre trois portions distinctes, 1° une *eau sûre* rendue opaline (27) par la quantité considérable de parcelles de gluten, de son, de téguments éclatés, de globules oléagineux qu'elle tient en suspension; 2° une couche salie par les débris de son et de gluten qui se sont précipités de ce liquide; 3° enfin une couche ferme, résistante, blanche, qui est l'amidon, mêlé à quelques-uns des débris farineux que ses globules ont entraînés en se précipitant.

On décante alors, à l'aide du siphon, toutes les *eaux aûres;* on jette une nouvelle quantité d'eau sur le dépôt, et l'on agite le tout avec un fouloir, pour faire remonter pêle-mêle, en suspension, toutes les molécules du précipité. On décante de nouveau, lorsqu'on est sûr que tout l'amidon s'est précipité au fond du vase, et l'on jette ensuite l'amidon sur un tamis, qui en sépare un mélange de son et d'amidon, désigné sous le nom de *gros noir;* on recommence deux ou trois fois cette opération, en ayant soin d'agiter avec la *rame* ou *fouloir,* à chaque nouveau lavage, l'amidon déposé, mais aussi en prenant la précaution de rompre la rotation de l'eau, afin que le précipité ne se forme pas en un pain creux au centre. L'amidon est alors porté au grenier, dans des paniers d'osier, revêtus intérieurement d'une toile, et jeté sur une aire en plâtre, ou sur des tablettes en bois blanc, dans un lieu exposé aux vents, et ensuite la dessiccation en est complétée dans une étuve

(*) On donne à l'eau un écoulement favorable à cette opération, au moyen d'un petit tube de paille, qu'on insinue un dans un trou de même diamètre pratiqué à la base de la paroi d'un baquet plein d'eau, ou bien à travers un bouchon en liège introduit dans le tubulure basilaire de l'un de ces flacons que l'on remarque sur la fig. 35, pl. 1. On perd moins de gluten, en n'employant, pour laver la pâte, qu'un filet d'eau d'un assez petit volume.

chauffée à 40°. La première eau qui s'écoule des pains humides de fécule, produit sur leur surface des cannelures basaltiformes, que l'on avait d'abord prises pour l'effet d'une cristallisation spéciale à la fécule; ces cannelures varient de direction selon la forme et l'inclinaison des pains; il ne s'en forme pas, quand le pain est creusé au centre, que l'eau de surcroît ne trouve aucun écoulement, et n'abandonne les pains de fécule que par évaporation.

1079. Ce procédé continuera à être consacré à l'extraction de la fécule de l'orge et du seigle, dont le gluten n'est pas malaxable; mais son insalubrité forcera un jour les fabricants à le remplacer, à l'égard du froment, par celui de la malaxation, qui, à l'avantage d'être plus expéditif, réunira bientôt celui d'être plus économique et plus productif, en ce qu'il conservera et la quantité d'amidon que dans l'autre la fermentation altère, et le gluten que la fermentation décompose en entier.

1080. 2° *Extraction de l'amidon par la malaxation.* — Que l'on pétrisse la farine avec un tiers de son poids d'eau, dans un pétrin mécanique à fournir, et que l'on abandonne à l'air la pâte quelques instants, c'est-à-dire jusqu'à ce que la surface commence un peu à se gercer, et n'adhère plus aux doigts. Si ce pétrin est à double fond, dont l'inférieur s'enlève à coulisses, et dont le supérieur seul soit criblé de trous d'une très-petite ouverture, qu'on amène au-dessus une espèce de pomme d'arrosoir cylindrique, et criblée de trous sur la moitié inférieure de sa surface; il suffira de continuer le mouvement de la mécanique, à mesure que l'eau coulera en mille jets du conduit, pour que la pâte cède sa fécule à l'eau qui la lave, et que le gluten se déchire pour la céder à l'eau, et se ressoude pour former une masse filante. Une auge placée au-dessous du pétrin recevra l'eau dépositaire de la fécule, que l'on purifiera par une succession bien entendue de lavages et de lévigations; les eaux de lavage donneront encore un précipité de gluten et de fécule.

Le dépôt de fécule retiendra encore une quantité appréciable de gluten, et des substances diverses qui l'accompagnaient dans la farine des céréales. Pour l'en débarrasser, on décantera le liquide qui la surmonte, que l'on remplacera par une nouvelle quantité d'eau; on agitera une seconde fois le précipité, et on l'abandonnera un à deux jours en été à la décomposition spontanée des principes fermentescibles du mélange; on décantera au bout de ce temps, et, après un troisième lavage, on pourra transporter l'amidon au séchoir, comme ci-dessus. Le gluten lui-même renfermera encore une quantité assez considérable d'amidon, mais dont l'extraction ne compenserait pas la dépense. On obtiendra, par ce procédé, 50 sur 0/0 d'amidon et près de 30 de gluten; tandis que le procédé de la fermentation donne à peine 45 sur 0/0 d'amidon et perd tout le gluten; les eaux du lavage pourront fournir une quantité importante d'alcool, ou bien servir immédiatement à l'engrais des porcs et autres animaux de la ferme. Ajoutez à ces profits, l'avantage de la salubrité, qui ailleurs s'achète au poids de l'or.

COLLAGE DU PAPIER A LA CUVE (*).

1081. Le collage à la gélatine offrait des inconvénients que les fabricants de papier cherchaient depuis longtemps à éviter; ce collage ne pouvait se faire qu'après le moulage de la feuille, et la matière animale était sujette à fermenter alors par son exposition à la température du séchoir. Il s'agissait de rencontrer une substance qui fermentât moins et qui collât tout autant. L'amidon se présentait naturellement à l'esprit, dès le début de ces recherches; mais l'amidon employé à cet usage, à la même époque que la gélatine, exposait à deux inconvénients, dont on ne pouvait éviter l'un sans tomber dans l'autre. Sous forme d'empois, il aurait trop et trop inégalement collé; sous une forme plus liquide, il aurait trop peu collé; et, dans les deux circonstances, il eût quelquefois été sujet à tourner vers la fermentation acide, et par conséquent à perdre de sa propriété collante. Ce troisième inconvénient se présentait d'une manière plus nuisible au succès de l'opération, si l'on s'avisait d'employer l'*empois* dans la cuve même.

En 1826 environ, un fabricant renommé d'Annonay, s'étant rendu propriétaire d'un procédé anglais pour *coller à la cuve*, vendit à ses confrères la *colle* de sa fabrication. Braconnot s'empressa d'analyser ce mélange, et il chercha même à l'imiter. Mais la chimie en grand devait échouer alors dans cette entreprise, et elle échoua; on verra plus bas pour quelle raison.

En 1828, un fabricant de l'Alsace me fit parvenir une certaine quantité de cette *colle*, qu'il avait achetée à la fabrique d'Annonay, et il m'apprit qu'il n'avait jamais pu s'en servir, qu'il avait même

(*) *Bulletin des sciences technologiques*, tom. IX, n° 108, 1828

déjà perdu une ou deux cuvées, faute de connaître le mode d'emploi, qu'on se gardait bien, à Annonay, de livrer avec la substance. Dès la première observation au microscope, je découvris ce que Braconnot avait vainement cherché par les procédés en grand, c'est-à-dire que cette colle se formait essentiellement de fécule de pomme de terre intègre, et non convertie en *empois* (937), et accessoirement d'une huile essentielle, qui nageait dans l'eau, sous forme de myriades de globules infiniment petits, égaux en diamètre. Comme les essais en grand décelaient, dans cette pâte, l'existence d'une grande quantité d'alun, il était évident que cette huile s'y trouvait à l'état de *savonule*. L'odeur suffisait pour indiquer qu'elle n'était autre que l'huile essentielle de térébenthine.

Je trouvai par là pourquoi cette colle pétrie avec la pâte, dans la cuve, refusait de coller le papier; car la chaleur de l'étuve ou du séchoir étant insuffisante pour faire éclater les grains de fécule de pomme de terre, cette pâte était aussi inhabile à coller, que le serait la fécule seule employée, sans un fer chaud, à repasser le linge. Aussi je n'eus qu'à exposer à la chaleur du four d'un poêle, le papier fabriqué avec cette colle, après l'avoir humecté d'eau, pour le rendre aussi bien collé que le papier ordinaire. Afin d'utiliser cette colle, il ne s'agissait donc plus en grand que de faire parvenir, sur les feuilles de papier étendues sur les cordes, une bouffée de vapeur d'eau, ou de se servir des mécaniques nouvelles, par lesquelles le papier se colle et se sèche à la fois, en passant entre trois cylindres contigus chauffés intérieurement à la vapeur. Le papier sera d'autant mieux collé par ces divers procédés, que les grains de fécule se trouvant emprisonnés entre les fibrilles végétales, colleront la feuille à l'extérieur comme à l'intérieur.

Le *savonule* de térébenthine est destiné à contrebalancer la roideur cassante que l'amidon seul communique au papier; mais, d'un autre côté, cette substance graisse la feuille et l'empêche de s'imbiber d'encre à écrire, en sorte que, depuis la publication de la composition de cette pâte, les fabricants ont reconnu la nécessité, les uns de remplacer l'huile de térébenthine par un corps moins gras, et les autres d'augmenter les proportions de la base du *savonule*, ou même d'employer un tout autre savon (*).

Je ne crains pas d'avancer que la chimie en grand eût perdu encore bien des opérations, avant de deviner un fait que le microscope rend si simple à concevoir. Car, avant de procéder à l'analyse, on n'eût peut-être jamais manqué de soumettre l'amidon à l'action de l'eau bouillante, et on n'aurait eu aucune raison de croire que l'amidon dût se trouver, dans une substance destinée à coller, sous une autre forme que sous celle d'*empois*.

Les révélations précédentes n'ont pas été perdues pour l'industrie.

GOMMAGE.

1083. On a reconnu dans les arts d'ornement, un grave inconvénient à la gomme arabique et à la fécule convertie en empois. Ces deux substances en effet s'écaillent par la dessiccation, ou se fendillent en séchant, sur les surfaces que l'on recouvre d'une détrempe faite avec l'une ou l'autre de ces substances collantes. La substance soluble de la fécule (909), parfaitement isolée de ses téguments, n'offre rien de semblable, et peut remplacer, avec un immense avantage et d'effet et d'économie, la gomme arabique, dans cette circonstance, comme en beaucoup d'autres analogues. Nous savons même qu'on en a établi une fabrication en grand, qui en verse des quantités considérables dans le commerce. Voici le procédé le plus simple et le moins dispendieux, pour obtenir isolément la substance soluble de la fécule. Soit une grande jarre en verre, portant, un peu au-dessus de sa base, une tubulure horizontale (*tb*, fig. 35, pl. 1). Si on emplit ce vase d'une quantité d'eau, dans laquelle on aura fait bouillir cinq à six minutes, de la fécule de pomme de terre, dans la proportion de 5 hectogrammes par hectolitre d'eau, en ayant soin de verser la fécule peu à peu et non en masse, il arrivera au bout d'une demi-heure, ou davantage, selon la durée de l'ébullition, que tous les téguments se seront précipités

(*) De tâtonnements en tâtonnements, on s'est arrêté aujourd'hui dans beaucoup de fabriques, à la recette suivante, que nous tenons de l'obligeance de Th. Champion, marchand de papiers en gros; 34 kilogrammes de carbonate de soude et un kilogramme de chaux vive sont jetés dans 68 litres d'eau ordinaire en ébullition; on laisse déposer, on décante; on remet sur le feu une portion de cette lessive; on y fait fondre partie égale en poids de colophane; on mêle cette pâte avec de l'eau bouillante, dans la proportion de 20 litres d'eau par kilog. de pâte; on passe à travers un linge, on ajoute, avec un peu d'alun, de la fécule de pomme de terre dans la proportion de 2 hectogrammes par 20 litres, on soumet de nouveau à l'ébullition; et la colle est prête pour une pièce de chiffons de 40 kilogrammes. — Nous donnons cette recette sans la modifier; mais il est évident qu'elle peut être grandement simplifiée.

au fond du vase, où ils se tasseront, après quelque temps, en une enuche blanche, comme de la graisse précipitée de l'alcool par le refroidissement. Le liquide qui surmontera cette couche caillebottée, sera aussi limpide que l'eau la plus pure. Si on le fait écouler alors par la tubulure dont nous avons parlé, qui se trouvera placée au-dessus de la couche des téguments, et qu'on l'évapore doucement, on recueillera une gomme moins dure à dissoudre que la gomme arabique et qui écaillera moins. Or, quand on aura constaté, au moyen de cette jarre transparente, en combien de temps les téguments se précipitent, après une ébullition prolongée pendant un nombre déterminé de minutes, et sous quelle épaisseur la couche tégumentaire se dépose au fond du vase, selon les quantités respectives d'eau et de fécule employées, il sera facile de procéder à l'expérience, à l'aide des tonneaux ordinaires, qu'on aura eu soin de nettoyer convenablement, et de perforer à la hauteur indiquée. Quant à l'évaporation du liquide saturé de substance soluble, comme cette substance n'est nullement fermenteseible seule et par elle-même, il ne serait pas besoin de l'opérer par le feu et par une dépense de combustible. Il suffirait de l'étendre sur des bassins à large surface et ayant peu de profondeur, puis d'abandonner le liquide à l'évaporation spontanée, à l'air libre ou mieux au soleil, et de verser dans des moules en terre, quand la masse aurait atteint une consistance presque sirupeuse; à moins qu'on n'eût à sa disposition une machine pneumatique, d'une construction grossière, et qui pût s'appliquer à l'appartement servant d'étuve à courant d'air; car, il ne s'agirait pas ici de faire le vide, mais d'établir un courant évaporatoire continu. S'il arrivait que, dans les applications, cette gomme se fendillât, comme le fait l'amidon ordinaire, on la dépouillerait de ce défaut, en la mêlant à un savonule d'huile de térébenthine ou autre résine moins grasse, produit au moyen de la soude et de l'alun.

PAREMENT.

1083. On sait que les tisserands, afin de conserver, à la colle qui leur sert de *parement* ou *paron*, l'humidité nécessaire pour que cette substance ne soit point un obstacle au tissage; on sait, dis-je, qu'ils sont forcés de travailler habituellement dans des lieux bas, humides, et par conséquent malsains. Dubuc, pharmacien à Rouen, a proposé d'adjoindre au *parement* un chlorure déliquescent, et qui, en s'emparant et en retenant l'humidité de l'atmosphère, s'oppose au desséchement de la colle, et permette à l'ouvrier de travailler dans des lieux secs et aérés. Nous avons déjà vu (1027) que Vergnaud recommande, comme succédané de ce mélange d'une colle et d'un chlorure, la fécule de marron d'Inde, qui à elle seule renferme les deux principes propres à fournir ce double résultat.

SUCCÉDANÉ DE LA POUDRE DE LYCOPODE.

1084. On se sert spécialement de la poudre de lycopode, pour tenir écartées les parois du corps qui s'enflamment par le frottement, ou qui se gercent par suite d'une cause moins superficielle. Mais cette poudre dont la structure rappelle assez exactement celle de la poudre pollinique, par laquelle on la remplace quelquefois, telle que le pollen si abondant du cèdre et autres conacées, cette poudre se décompose facilement par une fermentation glutineuse et putride. L'amidon de pomme de terre n'offre pas cet inconvénient; mais ses granules lisses s'attachent avec moins de facilité aux parois enflammées, ils glissent et se déplacent au moindre mouvement. Pour leur communiquer la propriété d'adhérer plus intimement aux surfaces, il suffirait de les soumettre préalablement à une légère torréfaction, qui ferait fendiller et éclater le tégument, et mettrait ainsi à nu la substance soluble. La moindre humidité suffirait en effet; pour dissoudre une petite quantité de cette gomme, qui servirait alors non-seulement de matière collante, mais encore de substance calmante et adoucissante, propriété inhérente à sa nature amylacée. La fécule broyée dans un mortier de marbre et avec un lourd pilon en fer, serait préférable, sous tous les rapports, à la fécule torréfiée, parce que la torréfaction développe toujours une petite quantité d'huile empyreumatique.

CHOCOLATS.

1085. On emploie la farine pour la confection des chocolats; et comme les fabricants visent au plus bas prix, ils n'emploient pas toujours la farine la plus pure; aussi les chocolats ordinaires craquent-ils sous la dent, lorsqu'on les mange crus, ce qui vient tout autant du son de la farine, que des détritus du *cacao*, et ce qui porte à croire que la farine dont on a fait usage est plutôt celle

du seigle ou de l'orge que celle du froment. Comme le but que se proposent les fabricants, dans l'emploi de la farine, est de donner plus de corps et de liant au chocolat, et que ce corps vient non de la fécule intègre de la farine, mais de son gluten et de sa gomme, la fécule préalablement broyée ou légèrement torréfiée nous semble devoir remplir avec succès cette indication, quand même on destinerait le chocolat à être mangé à la main, et à être pris à la tasse. La substance soluble et gommeuse en effet mise à nu, par le déchirement de son tégument, fondrait dans la bouche pour servir de liant au beurre de cacao; et dans l'ébullition la pâte amylacée donnerait au chocolat un aspect moins grumelé, à cause de l'absence du gluten que l'eau bouillante coagule.

PATISSERIES ET VERMICELLE.

1086. Nous conseillons également de n'employer, dans toutes ces préparations, que de la fécule préalablement broyée au mortier, par les mêmes raisons que nous venons d'exposer dans les précédents paragraphes; c'est-à-dire afin que chaque grain féculent ouvert et laissant en contact sa substance soluble avec toutes les molécules d'eau qui rentrent dans la confection de la pâte, échappe moins aux circonstances de la cuisson, et s'enfle alors davantage; ce qui contribuera autant au feuilletage de la pâtisserie, et au renflement des fibrilles du vermicelle, qu'à la nutrition du consommateur.

1087. Enfin ceux qui se seront pénétrés de tout ce que nous avons exposé dans les paragraphes précédents, trouveront, dans leurs professions respectives, de nombreuses occasions de tirer des applications utiles de la théorie ou plutôt de l'histoire nouvelle de l'amidon. Nous renvoyons à l'article du sucre, ce que nous aurons à dire sur la saccharification de la fécule, et à l'article de la digestion ce qui concerne sa nutribilité.

DEUXIÈME GENRE (*).

INULINE (*Hélénine*, *alantine*, *d'élecampe*, *datiscine*, *dahline*) (**).

1088. Tous les caractères essentiels de la fécule (885), soit physiques, soit chimiques, conviennent à l'inuline, à l'exception du suivant: l'inuline ne se colore pas en bleu par l'iode; ce réactif la colore en jaune, ainsi que tous les tissus organisés. Les chimistes admettent encore les différences suivantes: l'inuline ne donne pas, à la distillation, de l'huile empyreumatique; 100 d'eau ne dissolvent que 2 d'inuline à froid; l'eau bouillante au contraire la dissout en totalité, sans former avec elle un véritable *empois*, mais seulement une dissolution mucilagineuse. Sa pesanteur spécifique est de 1.35 (*Berzélius*, tom. V, p. 209); sa composition élémentaire n'a pas été examinée. La différence dans la coloration par l'iode est pour nous le seul caractère vraiment distinctif entre l'amidon et l'inuline; tous les autres découlent des circonstances de la manipulation ou des modifications accidentelles de l'organisation.

1089. Outre les végétaux auxquels cette substance a emprunté ses diverses dénominations, on l'a trouvée encore dans la racine des *Anthemis pyrethrum*, *Colchicum autumnale*, *Heliathus tuberosus* ou topinambour (1024), *Cichorium intybus*, *Leontodon taraxacum*, et dans les *Lichen fraxineus* et *fastigiatus*, par le procédé suivant:

1090. On râpe les racines, on les exprime, on les fait BOUILLIR AVEC DE L'EAU, et on filtre la dissolution bouillante à travers un linge: si elle est trouble, on la clarifie avec du blanc d'œuf; on l'évapore ensuite jusqu'à pellicule, et on la laisse refroidir; l'inuline se dépose sous forme pulvérulente. On la recueille sur un filtre, on la lave bien et on la sèche. Les racines du *Dahlia* (*Georgina purpurea*) en ont donné, par ce procédé, 10 pour 100; celles de *l'Inula* 11 $\frac{1}{9}$; celles du *Leontodon taraxacum* 12, et celles du *Cichorium intybus* 12 $\frac{1}{4}$.

1091. Examinée au microscope, cette poudre blanche et pulvérulente ne dément pas l'analogie qu'elle offrait en grand avec l'amidon; et malgré la petitesse de ses grains, qui ne dépassent pas $\frac{1}{100}$ de millimètre, il est facile de constater que chacun d'eux est un organe vésiculaire.

1092. Mais remarquez que ces organes n'ont été obtenus isolément qu'après avoir été soumis préalablement à l'ébullition (909), et qu'en conséquence ils auront dû éclater et se dépouiller au

(*) *Annal. des science natur.*, mars 1826; § 6 — *Bull. des sciences phys. et chim.*, décembre 1825.

(**) Selon qu'on l'avait extraite des racines de l'*Inula helenium* (inuline et hélénine), de l'*Angelica archangelica* (alantine), du *Datisca cannabina* (datiscine), du *Dahlia* (dahline).

moins d'une partie de leur substance soluble; je dis *au moins d'une partie*, car l'eau, s'étant saturée du mucilage que les racines ci-dessus énumérées renferment en abondance, aura été moins propre à dissoudre ensuite la substance soluble de l'inuline.

1093. J'ai encore eu occasion de remarquer que les téguments de l'inuline s'étendent mille fois moins, dans l'eau bouillante, que ceux de la fécula ordinaire; mais nous avons déjà vu (1025) que cette propriété varie dans les diverses fécules, et que les téguments ligneux, c'est-à-dire non colorables en bleu par l'iode, en sont tout à fait privés (907).

1094. Or, c'est à ces deux ou trois circonstances accidentelles, qu'il faut rapporter les différences constatées par les auteurs entre l'amidon et l'inuline. 1° Cette poudre est plus grumelée, plus craquante et moins friable que celle de l'amidon, parce que les téguments sont soudés entre eux par une portion de la substance soluble qui en est sortie, et que les plus grands lavages ne sauraient enlever, une fois qu'elle est protégée par la couche de téguments (960, 1011). 2° Cette poudre jouit d'une pesanteur spécifique moindre que la fécule, d'abord à cause de l'existence de ces grumeaux emprisonnant de l'air, et ensuite parce que les vésicules ont été vidées de leur substance gommeuse, et sont devenues plus légères en se combinant avec l'eau. 3° L'eau froide en dissout une faible quantité, parce qu'en pulvérisant cette poudre même grossièrement, on met toujours à nu une quantité de substance soluble, que les lavages n'avaient pas enlevée, et que d'un autre côté une partie des téguments isolés les uns des autres montent en suspension. 4° L'eau bouillante, je ne dirai pas la dissout, mais paraît la dissoudre, en faisant monter en suspension les téguments (959), et en désagrégeant les grumeaux que l'eau froide n'avait pas attaqués. 5° Mais cette dissolution apparente ne forme pas un véritable empois, à cause de la rigidité des téguments qui n'acquièrent pas un plus grand volume (1025). 6° Quant à l'huile empyreumatique, il y a sans doute erreur, car si les fibrilles les plus pures en donnent, pourquoi l'inuline n'en donnerait-elle pas? Ensuite il est bon de faire observer que l'amidon de froment en donnera plus que les autres, à cause des substances étrangères qu'il renferme, même à l'état de la plus grande pureté. 7° On ne peut obtenir l'inuline à froid, soit à cause de la petitesse de ses grains, qui, s'enveloppant d'un mucilage épais, empruntent par là une pesanteur spécifique doublement moindre que les grains de fécule de pomme de terre, soit à cause de la ténacité des organes qui la renferment. L'eau bouillante brise et dépouille ceux-ci, et rend plus liquide le mucilage. En conséquence, ainsi que je l'ai dit au commencement de cet article (1088), le seul caractère essentiel qui distingue l'inuline de l'amidon, c'est sa coloration par l'iode.

1095. Pour réduire à leur juste valeur les prétendues combinaisons de l'*inuline* avec les *acides* ou les *bases salifiables* (*), je renverrai à ce que j'en ai dit, en parlant de l'amidon (941, 945). Mais ce que je n'ose plus, en 1832, réfuter aussi sérieusement que je le faisais en 1825, c'est l'existence d'une combinaison intime d'amidon et d'inuline que, d'après un travail de Pelletier et Caventou (**), Berzélius adopte, en la défigurant, dans sa *Chimie* (pag. 210, t. V). « Lorsque l'inuline et l'amidon ordinaire, dit le chimiste suédois, sont mêlés dans une dissolution, l'amidon se précipite avec l'inuline quand celle-ci prédomine; mais si l'amidon est en excès, l'inuline reste dissoute. » Les chimistes français avaient poussé plus loin la théorie de cette piquante combinaison, de cette espèce d'*inulure d'amidon*, et ils avaient même indiqué l'infusion de noix de galle, comme un excellent réactif pour reconnaître le mélange. D'après eux, le précipité formé dans ce mélange ne devait disparaître que vers 100°, tandis que, si l'amidon avait été pur, le précipité aurait disparu à 50° (*comme l'a observé Thompson*, ajoutaient-ils). Je ne sais pas pourquoi les auteurs que je viens de citer se sont arrêtés en si beau chemin, et pourquoi ils n'ont pas admis une combinaison d'amidon et de sable de rivière, une d'amidon et de *mica*, etc.; car il est certain que ces substances ne se précipitent jamais quand *l'amidon prédomine*, c'est-à-dire quand il est épaissi sous la forme d'*empois;* et alors on est tout aussi bien autorisé à les croire dissoutes que l'inuline, dans le cas rapporté par Berzélius.

1096. Voulez-vous un excellent réactif, pour reconnaître un mélange (car ce n'est qu'un mélange) d'amidon et d'inuline? colorez par l'iode, et observez au microscope; vous ne manquerez pas de distinguer les grains blancs ou jaunes de l'inuline, parmi les grains bleus de l'amidon.

(*) D'après Berzélius, la strontiane et la chaux ne précipitent pas l'inuline, comme le fait la baryte, dont le précipité est soluble dans l'eau bouillante. Il y a certainement erreur dans les faits; les expériences n'auront pas été comparatives.

(**) Voyez *Bulletin des Sciences physiques et chimiques*, décembre 1825.

1097. On trouve dans le fruit de la symphorine (*Symphoricarpos leïocarpa*), une pulpe blanche qui se résout en petites particules, qui, observées au microscope, affectent les formes que représentent les fig. 27 de la pl. 6; ce sont de grandes vésicules molles, visibles même à l'œil ou, et renfermant sans doute une substance gommeuse. La faible quantité que le hasard a mise à ma disposition ne m'a pas permis de les soumettre à une analyse détaillée; mais je ne doute pas, qu'entre les mains des chimistes, cette pulpe n'offrît une substance digne d'un nouveau nom terminé en *ine*; malheureusement pour le créateur de ce nouveau terme, les botanistes ont donné, à la plante qui produit ce fruit, le nom de *symphorine*, qui est court et harmonieux; force serait donc de se décider pour *symphoricarpine!*

TROISIÈME GENRE.

FÉCULE VERTE (*).

1098. Si l'on broie, dans l'eau, les cotylédons de l'*Acer platanoïdes*, à l'époque où la plumule ne se compose encore que de deux feuilles visibles (**), on obtient une fécule verte qui se précipite instantanément, en laissant incolore le liquide dans lequel on l'a agitée. Examinée au microscope, elle n'offre que des vésicules ovales de formes diverses, et variant autour de $\frac{1}{20}$ de long sur $\frac{1}{40}$ de large. Les unes sont vides et entièrement blanches et diaphanes, ne se dessinant enfin que par des contours linéaires (*b*); les autres sont remplies de globules verts (*a*), et d'autres ne possèdent qu'un plus ou moins petit nombre de ces globules (c, *d*). Il est facile de s'assurer que ces globules verts sont organiquement attachés à la paroi intérieure de la grande vésicule blanche et diaphane; on n'a qu'à imprimer un mouvement de rotation à ces grandes vésicules (1000). On les voit représentées, sous leurs différentes formes principales, pl. 6, fig. 20.

1099. Il est évident que ces vésicules jouent, dans les cotylédons de l'érable, le même rôle que les grains de fécule dans le périsperme des grains des autres végétaux, c'est-à-dire que, par les progrès de la germination, elles sacrifient leur matière verte au profit de la plumule, de même que, sous l'influence de la même cause, les téguments de la fécule sacrifient leur gomme au profit de l'organe analogue, dans les semences farineuses; car plus la germination est avancée, et plus on trouve, dans la capacité des cotylédons, des cellules blanches épuisées de leur substance verte.

1100. L'alcool bouillant dépouille ces vésicules de toute leur substance verte, en se l'appropriant et en se colorant en vert. On ne distingue plus alors leur organisation intérieure, et elles paraissent toutes aussi blanches que celles qui ont été dépouillées de leur matière verte, par les progrès de la germination. Dans cet état, ce résidu n'aurait pas manqué d'offrir des caractères dignes d'une dénomination nouvelle; car il ne se colore pas en bleu par l'iode, il n'aurait pas même rendu mucilagineux le liquide (1094); et de plus, à la distillation et en dépit des nombreux lavages à l'alcool, il aurait certainement fourni de l'huile empyreumatique et même un peu d'huile essentielle. Ce qui, entre autres choses, l'aurait distingué du ligneux, c'est que, par l'élévation de température, toutes ces vésicules diaphanes, en montant en suspension, auraient fait croire à une dissolution (959).

1101. Les plantes grasses fournissent aussi une assez grande quantité de fécule verte, par la désagrégation mécanique de leur tissu cellulaire (***). J'en ai obtenu beaucoup des feuilles du *Sedum sempervivum*.

QUATRIÈME GENRE.

LIGNEUX.

1102. Lorsque vous avez épuisé, par l'eau froide et bouillante, par l'alcool, l'éther, les acides et les alcalis étendus, les fragments plus ou moins divisés d'un tronc, d'une tige herbacée, d'une feuille, etc., il reste une substance spongieuse, blanche comme

(*) Cette expression, que j'emprunte aux anciennes nomenclatures de chimie organique, rend très-bien l'analogie qui existe, sous le rapport anatomique, entre l'*amidon* et la substance organisée que je vais décrire.

(**) On trouve, au printemps, une quantité considérable de ces jeunes plants, dans les carrés de verdure plantés d'érables, au jardin du Luxembourg. Voy. *Nouv. syst. de physiologie végétale et de bot.*, § 511.

(***) On avait beaucoup disputé, pour savoir si les cellules végétales jouissent chacune d'une paroi qui leur soit propre: on avait employé, pour démontrer l'affirmative, l'eau bouillante et l'acide nitrique. On aurait pu objecter, avec juste raison, que l'isolement de ces cellules obtenues par ces procédés n'était qu'apparent et qu'on leur avait réellement décollées, elles n'avaient été obtenues à nu que par l'altération, le déchirement, la corrodation des cellules voisines. Mais la preuve la plus naturelle est fournie, comme on le voit, par le simple déchirement d'une feuille grasse. Aussi, depuis la publication de ces faits, la question a été résolue aux yeux des botanistes, et elle est adoptée aujourd'hui sans contradiction.

la neige à l'état de pureté, que les réactifs précédents ont entièrement respectée, tout en la dépouillant des substances solubles qu'elle recélait. C'est ce qu'on est convenu d'appeler le *ligneux*; substance qui possède toutes les propriétés physiques et chimiques du coton, de la filasse de lin et de chanvre.

§ I. *Organisation du ligneux.*

1103. En observant ce *caput mortuum* au mieroseope, on s'assure qu'il n'est rien moins qu'un résidu amorphe et désorganisé, et qu'il représente, plus ou moins décbirée et divisée en fragments pius ou moins microscopiques, la ebarpente de l'organe dont on a eu la précaution d'etudier la eontexture et l'organisation, avant de l'épuiser, par les réaetifs, de tout ce qu'elle renfermsit de soluble. Le *ligneux* réduit à sa plus simple expression, e'est la paroi rigide et insolubte des cellules végétales. Une cellule végétale, qui est l'élément essentiel de tout tissn, est une vésicule imperforée, arrondie et sphérique, quand elle est librement distendue par une substance liquide; allongée elliptiquement, quand elle se développe verticalement; dodécsèdre, quand elle croit pressée sur toute sa périphérie par des cellules congénéres et du même calibre qu'elle, offrant alors un plan hexsgonal, sur toutes les tranches qui passent par son centre; en forme de prismes basaltiques, qusnd toutes ces cellules congénéres sont disposées et empilées dsns le sein d'une tige cylindrique; offrant enfin un nombre de facettes égal au nombre de cellules de divers calibres, qui peuvent se trouver en contact avec sa périphérie. Outre cette enveloppe externe et de plus en plus résistante, l'appareil d'une cellule vivante, quelles qu'en soient la forme et la destination, se compose encore d'un tissu plus interne, mou et glutineux, dont les petits globules sont remplis de matiére verte, et ensuite d'une ou plusieurs spires, c'est-à-dire d'un ou plusieurs filaments contournés en spirale, les uns de gauehe à droite, les autres de droite à gauche, et dont les entre-croisements sont, au mieroscope, une source intarissable d'illusions, selon qu'ils sont plus jeunes ou plus âgés, plus distants ou plus rapprochés de la paroi sur laquelle se dessinent leurs ombres réfractées. Une fois qne la cellule s'est élendue en longueur, d'un bout de l'entre-nœud à l'autre, qu'elle a pris les caraetères de l'organe cylindrique, mais imperforé, que nous avons improprement appelé *vaisseau* dans les plantes; lorsqu'enfin l'air en a envabi la capacité, et desséchè pour ainsi dire les surfaces, ees spires se dédoublent et se détachent en forme de longs tire-bouchons, qui, dans certaines plantes, forment une filasse textile. Dans les tissus jeunes, les spires font l'effet de ces stries transversales, qu'on remarque sur les fig. 15 et 16 de la pl. 18; dans les tissus plus âgés, mais mous, elles prennent souvent le relief des stries transversales des fig. 13 et 18, pl. 18; dans les cellules rigides et ligneuses, elles forment un travail de bandes psrallèles du plus joli effet. Une fois qu'une cellule a fait son temps, et qu'elle s'est épuisée de ses sues et de sa vie, au profit des tissus plus internes, pressée qu'elle est par tout ce qui se développe, contre celles qui ne se développent plus, elle s'aplatit, se distend, ses deux psrois s'accolent parallèlement l'une contre l'autre; et alors la cellule a l'air d'un cadre bordé d'un bourrelet qui la sépsre des eadres voisins; ce bourrelet est l'interstice vasculaire qui la séparsit des autres cellules, et qui, comme tous les vaisseaux consacrés à la eireulation, a fini psr s'ossifier et par conserver sa cylindricité, alors que toutes les cellules s'aplatissent. Ces interstices vaseulaires se dessinent très-bien aux regards, sur les fig. 36, pl. 6; fig. 9, pl. 7.

1104. Dans la première édition de cet ouvrage, nous avions eonsacré les deux premiers paragraphes de ce GENRE à exposer la théorie du développement vésieulaire de la plante; nous avions démontré que la vésieule imperforée, émsnée de la paroi d'une vésicule maternelle, à laquelle ella continue à tenir par un *hile*, est le type non-seulement de toutes les espèces d'organes, mais encore de toutes les formes végétales; nous avions fait sortir le tronc, la feuille, la fleur, la grsine, du développement continu d'une simple glaude; et par la synthèse, nous avions ramené le tronc le plus gigantesque, et la feuille la plus large, à la structure de la simple glande que supporte leur épiderme. Depuis lors, nous svons publié notre *Nouveau xystème de physiologie végétale et de botanique*, ouvrage où la *théorie spiro-vésiculaire* a reçu toute l'extension et tous les genres de développement que comportent les ouvrages *ex professo*; nous y renverrons nos lecteurs, afin de ne pas donner au public deux fois la méme chose; la démonstration commence § 272, et se termine au § 793.

1105. Il suffira an but que nous nous proposons d'atteindre, d'avertir les chimistes, que les organes qui se présenteront le plus fréquemment à eux, dans les résidus désignés sous le nom de *ligneux*, affecteront les formes represenlées par

les fig. 3 — 11 de la pl. 7 ; 11 — 15 de la pl. 2; 13, 15, 18 de la pl. 18, etc.

§ II. *Consistance progressive des tissus cellulaire et vasculaire.*

1106. Il est à remarquer que, plus les parois de ces cellules avancent en âge et en développement, plus elles acquièrent de la consistance; d'abord lâches et mucilagineuses, pour ainsi dire, elles finissent par acquérir une dureté ligneuse qui résiste aux instruments tranchants. Cette métamorphose tient à trois circonstances : 1° à la multiplication des cellules intérieures, qui agglutinent la surface extérieure de leurs parois à la surface interne de la paroi de la cellule-mère, et forment ainsi une somme considérable de couches *juxtaposées* ; 2° à la diminution progressive de la partie aqueuse de la substance organique, et par conséquent à l'augmentation de la portion charbonneuse ; 3° à la combinaison de la substance organique avec une base terreuse, qui la modifie pour ainsi dire, et la transforme, de mucilage qu'elle était, en substance véritablement ligneuse. Je fournirai la démonstration de cette vérité, nouvelle pour la science des végétaux, en parlant des bases terreuses des tissus (*deuxième classe du système*) (863); 4° enfin à la condensation, dans l'intérieur des cellules, des substances ayant peu ou point d'affinité pour l'eau, telles que les résines.

1107. Mais si, par la pensée, nous voulons passer, en rétrogradant, par toutes les phases de l'accroissement d'un tissu ligneux, il nous sera facile de concevoir que, de même qu'avant d'être ligneux, il a été mucilagineux et à peine consistant, de même avant d'être mucilagineux, il a dû être gommeux et soluble dans l'eau, et que par conséquent c'est la gomme qui est son élément organique. Or l'expérience confirme cette donnée; car partout où doit se former du ligneux, vous trouverez de la gomme, et toutes les cellules de développement en renferment dans leur sein. D'un autre côté, l'analyse élémentaire donne les mêmes résultats, pour le ligneux à son état d'intégrité, et pour la gomme ordinaire. Enfin, les réactifs acides peuvent rendre au ligneux sa première forme gommeuse, ainsi que nous l'avons déjà vu (833) (*).

§ III. *Action du temps sur les tissus ligneux.*

1108. La nature de cet ouvrage ne me permet pas de m'occuper de l'action du temps sur le végétal vivant (**); on sait du reste que cette action est infiniment variable dans son énergie, selon les diverses espèces de végétaux. Ainsi on cite des chênes de 1,000 ans, des cèdres de 2,000 et des *baobabs* de 6,000 ans!!! tandis que telle autre plante ne dure que quelques mois. Je ne dois m'occuper ici que de l'influence du temps sur la désorganisation des tissus une fois dépouillés de la vie.

1109. L'expérience, s'aidant du témoignage de l'histoire, démontre qu'à l'abri du contact d'un air humide, le ligneux, ainsi que la plupart des autres substances organisées, peut se conserver indéfiniment. La plante qu'on extrait des tourbières, où elle gisait depuis des siècles, conserve encore ses tiges, ses feuilles, ses tissus, sans altération aucune. Dans les cercueils des momies égyptiennes on retrouve les planches avec leur première dureté et leur premier aspect, quand elles ont été recouvertes avec une couche de couleur qui les protége; les tissus de lin (***) qui enveloppent la momie, n'ont presque rien perdu de leur souplesse et de leur ténacité. Sous les bandelettes qui emmaillotent la

(*) *Mém. sur la fécule.* Ann. des sciences nat. Oct. 1825, pag. 29.

(**) Voy. *Nouv. système de physiol. végét. et de botanique*, § 1583.

(***) Ce mot se trouve dans la première édition de cet ouvrage, et nous ne l'avions employé qu'en connaissance de cause, et après avoir mis en usage les moyens micrométriques, dont nous avions donné la méthode dans une lettre écrite, le 26 décembre 1827, à l'Institut, lettre reproduite à cette époque par la *Bibliothèque physico-économique*. Tous les archéologues étaient convaincus que les chemisettes et les bandelettes des momies, qui se trouvent dans nos collections, étaient faites avec des tissus de lin. En 1834, c'est-à-dire huit ans après, nous voyons James Thompson se livrer à de longues investigations, afin de démontrer ce qui, à son insu sans doute, était démontré pour tout le monde. Et plus tard Dutrochet, qui ne manque jamais ces occasions de reproduire ce que d'autres ont fait, accourt à l'Institut (séance du 15 mai 1837), des chiffons égyptiens et français à la main, pour confirmer que les tissus des momies étaient des tissus de lin et non de coton, erreur, disait-il, dans laquelle étaient tombés les auteurs, qu'il se garda de citer à l'illustre assemblée; tous les journaux, excepté les journaux frondeurs, proclamèrent la découverte importante de Dutrochet. Or une telle démonstration ne peut se faire que par des procédés micrométriques que Dutrochet ignore encore aujourd'hui, et par l'usage du microscope, dont personne ne cherche à se servir. Mais tous ces moyens sont inutiles, quand il s'agit d'une découverte dont s'empare un membre de l'Institut; la parole d'un académicien vaut le meilleur des microscopes, et le meilleur des méthodes; aussi personne n'eut la velléité de voir, Dutrochet fut cru sur parole; et le fait fut démontré! (Voy. *Reforme.*, *bull.*, n° 46.)

momie, on rencontre souvent des paquets de plantes herbacées, que l'on peut analyser aussi facilement que les plantes de nos herbiers les plus modernes: racines, tiges, feuilles, pétales, étamines, pistils, et graines, rien n'y a été altéré. La fécule elle-même se montre avec tous ses caractères dans les organes de la graine (1005) (*); et pourtant ces tombeaux remontent souvent à près de 3,000 ans. Enfin sous l'eau, et à une certaine profondeur, le bois se conserve indéfiniment, ainsi que le démontre la durée des pilotis.

1110. Mais il n'en est plus de même, dès que le ligneux cesse d'être protégé contre l'action de l'humidité et de l'air. Peu à peu son hydrogène et son oxygène se dégagent, et le carbone devient de plus en plus prépondérant. Aussi les molécules du tissu se désagrégent chaque jour, leur couleur blanche se salit de plus en plus, et passe par toutes les nuances jusqu'au noir jais; et ce ligneux, à la combustion, se carbonise sans produire de la flamme, vu que l'hydrogène n'est plus là, pour se brûler par l'oxygène. Or tous ces phénomènes se montrent, non-seulement sur le bois coupé qu'on laisse exposé à l'air, mais encore sur l'écorce devenue inutile à la végétation, et ils sont d'autant plus intenses que l'exposition du bois aux influences atmosphériques date de plus loin.

1111. Mais ce qu'il ne faut pas perdre de vue, c'est que ces altérations ont lieu d'une manière lente et graduée, de proche en proche et du dehors au dedans (915). Lorsqu'on soumettra donc aux expériences en grand, un fragment un peu considérable de bois ou d'écorce, on obtiendra des résultats aussi variables que peuvent l'être les circonstances dans lesquelles le tissu se sera altéré, l'espace du temps pendant lequel il aura été soumis à l'influence de ces circonstances, et l'essence d'arbre qu'on analyse; il ne devra donc pas paraître étonnant que la même espèce d'arbre, analysée par deux chimistes également habiles, offre des proportions très-différentes.

1112. Observez encore que les cellules du ligneux renferment des substances organisatrices, qui varient de nature, se modifient ou se mêlent de bien des manières. Or, il est impossible de dépouiller entièrement la ligneux de ces substances accessoires, quelque procédé qu'on emploie; car, avec quelques soins minutieux que l'on procède, on admettra sans peine que la petitesse de ces cellules en rendra un nombre immense inabordable à nos menstrues, et que le tissu que nous croirons avoir épuisé par les plus nombreux lavages, recèlera encore une quantité suffisante de ces substances, pour fausser les résultats de l'expérience. Ceux qui révoqueraient en doute la vérité de cette assertion, n'auront qu'à examiner au microscope le tissu obtenu à l'état apparent de la plus grande pureté possible, à recommencer l'analyse à l'aide de cet instrument, et leur illusion ne tardera pas à être dissipée. Ces considérations vont donner la clef des anomalies que l'on remarque dans les expériences suivantes.

§ IV. *Densité et composition élémentaire du ligneux.*

1113. Quoique le bois flotte au-dessus de l'eau, il est certain pourtant que sa pesanteur spécifique est plus grande que celle de l'eau, et que sa légèreté apparente ne tient qu'à la présence de l'air, qui reste emprisonné dans les vaisseaux, dont son tissu est traversé dans tous les sens. Car une fois privé d'air, soit parce qu'on fait l'expérience dans le vide, soit parce que l'eau, par un séjour prolongé, est parvenue à remplacer l'air dans les mêmes tubes, alors le bois le plus léger tombe au fond de l'eau. Mais la pesanteur du bois peut être plus ou moins grande, selon la nature et les proportions des substances renfermées dans les cellules et dans les vaisseaux; l'on conçoit, par exemple, que le bois dans lequel l'huile, soit fixe, soit essentielle, abondera, sera spécifiquement plus léger que celui qui n'en renfermera que des quantités minimes. Aussi voit-on la pesanteur spécifique du bois exempt d'air varier depuis 1.46 (*sapin* et *érable*) jusqu'à 1,53, (*chêne* et *hêtre*) (**). Quant à la pesanteur spécifique du ligneux proprement dit (1102), les expériences manquent, et, par la raison que j'ai exposée ci-dessus (1112), le résultat qu'elles fourniraient ne saurait être considéré comme rigoureusement exact.

1114. La pesanteur relative du bois, c'est-à-dire la pesanteur du bois pesé dans l'air, varie à l'infini, selon l'âge et la nature des végétaux, et selon la région de l'organe soumis à l'expérience. Aussi, d'après Varenne de Fenille, un pied cube de sorbier cultivé pèse 72 livres environ, tandis qu'un pied cube de peuplier d'Italie ne pèse que 25 livres; et tous ceux qui se sont occupés de l'ex-

(*) Voyez notre travail sur les *céréales* des momies (*Mém. du Muséum d'histoire naturel*, 1827).

(**) Le bois de chêne vert est si pesant qu'il tombe au fond de l'eau, même avant d'avoir été privé d'air.

ploitation des bois et forêts, savent que l'aubier d'un bois quelconque pèse moins que le cœur du tronc.

1115. Les différences, dans la nature et dans les proportions des substances organisatrices, renfermées dans les cellules du ligneux (1112), modifieront les résultats de l'analyse élémentaire, de telle manière que, si l'on n'était pas averti d'avance, on serait en droit de se méprendre sur la nature de la substance soumise à l'opération. Il faut en dire autant de l'influence de l'âge du végétal, et de la durée de son exposition à l'air sur les résultats de l'analyse (1110). En conséquence, tel auteur trouve plus de carbone, l'autre trouve une plus grande proportion d'eau, tel autre un léger excès d'hydrogène. Ce dernier résultat s'explique suffisamment, par la présence de la résine ou autre substance fortement hydrogénée dans les cellules du tissu analysé; mais l'analogie indique que ces anomalies disparaîtraient, si, au lieu de soumettre à l'analyse le bois, c'est-à-dire l'ensemble de dix substances différentes, sans compter les sels inorganiques, on pouvait employer le ligneux (1102) pur de tout mélange.

Composition élémentaire du ligneux (253) :

	Carb.	Hydrog.	Oxyg.	
D'après Gay-Lussac et Thénard (228).	52,53	5,69	41,78	(*bois de chêne*).
	51,45	5,82	42,73	(*bois de hêtre*).
D'après Prout (243).	50,00	5,55	44,65	(*bois de saule*).
	49,00	5,47	45,53	(*buis*).

On voit que Prout trouve que le bois analysé se compose d'une moitié de carbone, et d'une autre moitié dans laquelle l'oxygène et l'hydrogène entrent dans les proportions convenables pour former de l'eau; tandis que Gay-Lussac et Thénard rencontrent de leur côté, en opérant sur d'autres essences d'arbres, un excès d'hydrogène qui, dans la première expérience, s'élève à 1,05. Dans son traité de chimie, Thénard a négligé cet excès d'hydrogène, et il a représenté la composition du ligneux, par 52 de carbone, et 48 d'un mélange d'oxygène et d'hydrogène dans les proportions voulues pour former de l'eau.

1116. Mais, je le répète, ces analyses donnent la composition du bois et non celle du ligneux (1102) qui, obtenu dépouillé de toutes les substances étrangères, se réduirait au simple squelette formé par l'adhérence des parois des cellules et des vaisseaux. On pense, d'après des expériences qui sont loin d'être rigoureuses, que le ligneux est, à l'égard du bois, dans le rapport de 0,96 ou 0,97 à 100.

§ V. *Moelle des végétaux.* (Méduline *Chevr.*)

1117. Les physiologistes ont admis, dans toute espèce de végétal, l'existence d'un canal central qui traverse le tronc et les tiges, et qu'ils ont nommé moelle. Mais ils seraient fort embarrassés, si on les invitait à indiquer le diamètre et les caractères physiques de cet organe, si essentiel, d'après eux, à la vie du végétal, et surtout s'il fallait l'indiquer sur un certain nombre d'espèces différentes. Quelle analogie, par exemple, entre la moelle de sureau, si blanche, si poreuse et si légère, et la partie centrale du chêne, si colorée, si compacte et si pesante! Où est donc ce canal qui traverse, dans toute sa longueur, l'axe d'un végétal, quand on examine les chaumes des graminées, qui, de distance en distance, sont cloisonnés par des diaphragmes? Nous définirons donc autrement la moelle, et, au lieu de l'indiquer dans tous les végétaux, nous ne l'admettrons que dans dans un certain nombre; au lieu de la considérer comme un organe essentiel à la végétation, nous ne l'admettrons que comme une portion de tissu, épuisée par la végétation, au profit du développement d'autres organes; enfin, pour nous, la moelle ne sera que le *tissu cellulaire, épuisé par la végétation, de toutes les substances organisatrices qu'il recélait primitivement dans ses cellules*; c'est le ligneux (1102) réduit à sa plus simple expression, à sa plus grande pureté, c'est-à-dire aux seules parois de ses cellules et vaisseaux. C'est avec ces caractères que nous la trouverons dans le centre des tiges du sureau, à la base de la cavité de chaque entre-nœud de graminée, et dans la pulpe des pommes de terre, épuisée mécaniquement par de fréquents lavages; c'est là enfin la substance qu'on devra analyser, lorsqu'on voudra connaître la composition élémentaire du ligneux.

1118. Chevreul avait placé la moelle du sureau parmi les principes immédiats, sous le nom de *méduline*, en se fondant sur ce que le *ligneux* (l'auteur voulait sans doute dire le *bois*) ne donne que 16,3 pour 100 de charbon par la calcination, tandis que la moelle de sureau en donne 25 pour

100. Or, en admettant ce caractère comme spécifique, il faudrait peut-être créer autant de noms différents qu'on soumettrait de végétaux à la calcination, ou qu'on modifierait les procédés de la calcination. Qui ne voit en effet que le ligneux étant pénétré d'eau, de substances hydrogénées et fortement inflammables (1115), doit donner bien moins de charbon, que la moelle, pure de toute substance capable d'activer la combustion, c'est-à-dire l'oxygénation du carbone, et par conséquent sa volatilisation sous forme de gaz oxyde ou acide carbonique.

§VI. *Écorce des végétaux*. (Subérine *Chevr.*)

1119. L'écorce des végétaux n'est autre chose que l'ensemble des couches du bois, qui ont été successivement refoulées vers la circonférence d'une tige, par les couches plus internes, au développement desquelles celles-là se sont sacrifiées (*). Mais il ne faudrait pas croire qu'en devenant inertes, elles se soient épuisées, comme la moelle (1117), de toutes les substances que leur tissu renfermait dans ses cellules. Les substances résineuses et oléaginenses y abondent encore, et contribuent de jour en jour à l'endurcissement de ces couches, en acquérant une plus grande solidité. Quand donc il s'agira d'analyser l'écorce, il est évident que l'on rencontrera encore plus de difficultés, pour arriver à un résultat exact, que lorsqu'on avait à analyser le tissu plus lâche et plus perméable du ligneux.

1120. Ce que je viens de dire ne laisse pas que de s'appliquer même à l'écorce du *Quercus suber*, que l'on connaît dans le commerce sous le nom de *liége*, et qui se distingue par son élasticité. Car il suffit d'examiner au microscope, et même à l'œil nu, le tissu du liége et celui du bois, pour s'assurer que celui-ci est mille fois plus poreux, plus criblé de vaisseaux, et par conséquent plus perméable aux réactifs que l'autre.

1121. Nous croyons avoir démontré dans le *Nouveau système de physiologie végétale et de botanique*, § 921, que le liége est une production fongueuse, de la nature de ces *thallus* fongueux, sur lesquels se développent les caractères des *Boletus favus* et *labyrinthiformis*. Ce n'est point une écorce, mais une végétation fongueuse et nocturne, développée sous l'ombre protectrice de la véritable écorce que le *Quercus suber* (chêne-liége) possède tout aussi bien que toutes les autres espèces de chêne. Nous avons vu qu'on pouvait faire naître le liége, entre le bois et l'écorce de tous les troncs ou rondins qu'on abandonne dans la cave; nous l'avons rencontré sur les poteaux peints à l'huile, et les barrières des allées de nos bois, entre la couche externe du bois et la couche de couleur, qui faisait là l'office de l'écorce. A peine ces idées sortaient-elles de l'imprimerie, que Dutrochet se hâta de lire à l'Institut un petit bout de ces notes improvisées, qui tous les huit jours venaient fixer l'attention du monde savant, ébahi d'une activité aussi prodigieuse, et qui ont cessé juste à l'apparition de notre livre, pour recommencer sans doute dans quelques mois. Dutrochet avait reconnu, d'après lui, le liége sur le tronc vivant de l'orme tortillard, dans les piquants du rosier vivant, etc. La preuve, c'est qu'il avait découvert, dans ces tissus, des cellules allongées comme dans le liége; et pas un autre semblant de preuve. De là une file de conséquences les plus heureuses et les plus utiles aux applications industrielles, au premier rang desquelles il faut placer, sans aucun doute, l'avantage de faire des bouchons avec des épines de rose; idée qui n'aurait pas manqué de fournir quelques jolis couplets à nos poëtes bachiques et anacréontiques. Il est fort probable que nous avons offert l'occasion à ces inspirations académiques; mais nous en repoussons toute la solidarité. Nous n'accusernos pas l'auteur d'avoir mal vu, ce qui serait fort pardonnable; car en si peu de temps il n'est pas trop possible de bien voir; mais nous assurerons positivement, une fois pour toutes, que l'auteur n'a jamais possédé la propriété de voir avec les yeux; inconvénient que la nature a amplement compensé chez lui, par une imagination qui n'a rien à envier à une excellente vue. Or l'imagination n'est nullement de la compétence de cet ouvrage.

1122. Quoi qu'il en soit, toutes les cellules corticales, ligneuses ou subéreuses, pleines de substances si variées et si opposées par leurs propriétés physiques et chimiques, se tassent et se recouvrent les unes les autres, de manière que les résineuses forment un obstacle au dissolvant de la gomme, et les gommeuses forment un obstacle au menstrue destiné à dissoudre la résine. La division mécanique du tissu tend, il est vrai, à diminuer la somme de ces résistances, mais non à les faire disparaître entièrement. Il restera donc toujours, quoi qu'on fasse, une certaine quantité de substances étrangères dans les cellules et les vaisseaux du tissu; et si le chimiste ne tient pas

(*) Voy. *Nouv. système de physiolog. végét. et de botanique*, § 894.

compte de leur présence, il se verra exposé à bien des méprises et à bien des créations imaginaires.

1123. C'est ce qui est certainement arrivé à Chevreul, lorsqu'il a considéré le *tissu* du liége comme une substance *sui generis*, et distincte du *ligneux* ou du *gluten*, par un caractère qui serait des plus saillants, s'il n'était pas étranger au tissu de cette écorce. Il suffira, pour s'en convaincre, de rappeler les procédés dont l'auteur s'est servi, en vue d'obtenir la *subérine*, et de reconnaître les caractères qu'il lui assigne définitivement.

1124. L'auteur épuise le liége râpé par divers dissolvants propres à s'emparer des matières astringentes, résineuses et grasses que ses cellules contiennent. Le résidu, c'est la *subérine*, substance qui est très inflammable, et laisse un charbon léger. A la distillation sèche, la subérine donne de l'eau, puis une huile incolore et une huile jaune, qui sont toutes les deux acides, de même que l'eau; ensuite une huile brune, un peu d'ammoniaque, une substance grasse, cristalline, insoluble dans la potasse caustique, des gaz combustibles et un charbon poreux, égal en poids au quart de la subérine employée.

1125. Or l'analogie se refuse à laisser croire que le squelette d'une écorce donne lieu, par ses propres éléments, à tant de produits divers; car on n'en obtiendrait pas d'autres de la distillation sèche des substances réunies, que les dissolvants ont enlevées, dans la première opération, au liége râpé. Mais le principal caractère que l'auteur assigne à la *subérine*, c'est que, par l'acide nitrique, ce résidu fournit un acide nouveau que l'auteur a nommé *acide subérique*, et dont nous nous occuperons plus spécialement en son lieu, en avertissant d'avance que cet acide se rapproche, par tous ses caractères, des acides provenant des substances résineuses et fortement hydrogénées. Eh bien! l'analogie et les expériences de l'auteur se réunissent, pour démontrer que ce n'est point au tissu du liége, mais à ses substances organisatrices, qu'il faut attribuer la formation de cet acide, sous l'influence de la réaction de l'acide nitrique.

1126. En effet, l'auteur ayant traité par l'acide nitrique 50 parties de liége ordinaire, 50 parties de liége lavé à l'eau et 50 parties de *subérine* ou de liége épuisé par les dissolvants, a obtenu les produits suivants :

	Liége ord.	liége lavé	subérine.
Matière fibreuse, blanche, insoluble.	0,18	0,90	1,0
Résine.	14,72	17,50	10.0
Acide oxalique.	16,00	10,60	7,6
Acide subérique.	14,40	19.60	22,4

La perte consiste en une matière jaune, amère, dissoute dans l'eau-mère, en acide carbonique et en eau formée de toutes pièces.

1127. Or la résine qu'on retrouve dans la *subérine*, en la traitant par l'acide nitrique, avait échappé opiniâtrément aux dissolvants, et pour la mettre à nu, il a fallu corroder les parois des cellules, en les métamorphosant en acide oxalique. La *subérine* n'était donc pas une substance immédiate, mais un mélange. Mais si le tissu a conservé de la résine, quelle raison aurait-on de croire qu'il n'ait pas conservé aussi de l'huile, de la cire, et autres substances que les dissolvants enlèvent au liége; et, d'un autre côté, s'il est indubitable que la subérine soit un mélange (variable suivant les procédés et les instruments de division) de toutes ces substances étrangères, pourquoi ne pas attribuer la formation de l'acide subérique, par l'acide nitrique, aux éléments de ces substances plutôt qu'aux éléments du tissu cellulaire du ligneux?

1128. Au reste, au lieu d'opérer sur 50 parties de liége d'un côté, et sur 50 parties de subérine, si l'auteur avait pris une certaine quantité de liége ordinaire pour la soumettre à la réaction de l'acide nitrique, et qu'épuisant ensuite une quantité égale de liége ordinaire, il eût soumis le résidu, quel qu'en fût le poids ou le volume, à la réaction de l'acide nitrique, tout porte à croire qu'il aurait obtenu bien moins d'*acide subérique* dans la dernière que dans la première expérience.

1129. On retrouve cet *acide subérique*, d'après l'auteur, dans l'épiderme (substance corticale jeune) du bouleau, du cerisier et du prunier. Or, ces écorces renferment des substances résineuses et grasses presque en aussi grande quantité que le liége.

1130. Il faut donc rayer des catalogues de la science la *subérine* et la *méduline*, et rendre l'une aux tissus fongueux et l'autre aux tissus ligneux.

§ VII. *Ulmine, humus ou géine, acide humique et ulmique, c'est-à-dire simples altérations spontanées ou artificielles des tissus ligneux.*

1131. En faisant l'analyse d'une exsudation brune d'écorce d'orme, c'est-à-dire de la sanie d'un de ces ulcères si fréquents sur cette espèce d'arbres, Vauquelin découvrit, en 1709, une substance solide, d'un noir brillant, très-fragile, insoluble dans l'eau froide, très-soluble dans l'eau bouillante, qu'elle colore en brun jaunâtre, beaucoup plus soluble dans l'alcool et dans l'acide sulfurique concentré, et qui est précipitée de ces deux dissolutions par l'eau.

1132. Cette substance fixa successivement l'attention de Klaproth, Berzélius, Smithson et Braconnot, qui la rencontra dans le terreau du creux d'un arbre, dans la tourbe, dans une variété de lignite brunâtre; il en produisit même artificiellement en chauffant avec un peu d'eau, dans un creuset d'argent ou de fer, partie égales de sciure de bois et de potasse caustique, et saturant la potasse par l'acide sulfurique qui précipite tout à coup l'*ulmine*. Berzélius admit ensuite en principe que l'ulmine formait une partie constituante de l'écorce de presque tous les arbres.

1133. Les caractères de l'*ulmine* obtenus artificiellement étaient, d'après Bracoonot, de rougir à chaud la teinture de tournesol, de former, avec la potasse et l'ammoniaque, des combinaisons très-solubles dans l'eau, et qui sont décomposées par les acides, l'eau de chaux et les sels terreux; enfin de produire, quelque temps après le mélange, des précipités par les nitrates de baryte et d'argent, le trito-sulfate de fer, les chlorures de soude et de chaux, et l'acétate d'alumine.

1134. Dobereioer et Sprengel, se fondant sur ces caractères, ont considéré cette substance comme un acide, et Sprengel a désigoé l'ulmine du terreau végétal, ou bien l'humus, sous le nom d'acide humique.

1135. Dès le mois de juillet 1826 (*), j'appelai l'attention des chimistes sur les circonstances trompeuses qui s'étaient jouées, pour ainsi dire, de la sagacité des chimistes, et je démontrai qu'au lieu d'avoir obtenu, après tant de travaux compliqués, un principe immédiat, on n'avait fait que prêter un ou plusieurs noms nouveaux à un mélange de corps altérés, et je fis entrevoir que l'acidité même de ces *détritus* pouvait bien être tout à fait artificielle.

1136. Ces observations paraissent avoir ébranlé la conviction de Berzélius; car, dans son *Traité de chimie* (tom. VI, pag. 237), il invite les chimistes à rejeter le nom d'ulmine, comme ayant servi à indiquer des extraits mucilagineux de diverses natures; mais, comme par compensation, à la page 572 du même volume, il crée un nouveau nom (*géine*), pour désigner l'*humus* végétal que Braconnot assimilait à l'*ulmine*. Il désigne sous le nom d'*extrait de terreau* le principe du terreau qui est soluble dans l'eau; et quant à la substance charbonneuse qui reste après l'opération, et qui est insoluble dans l'eau, l'alcool, les alcalis et les acides, il la désigne sous le nom de *terreau charbonneux*. Ainsi, pour un nom supprimé, en voilà trois de créés; à ce compte et sous ce rapport, la science ne s'est pas appauvrie. Il est fâcheux seulement que Berzélius ait consacré tant de pages, dans sa nouvelle publicatioo, à réhabiliter une substaoce, dont les chimistes, depuis notre premier travail, n'osaient plus se servir que pour mémoire. En relisant ce qu'en écrit aujourd'hui Berzélius, il est impossible de ne pas voir l'homme luttant contre la nécessité d'une réforme, que toute sa réputation ne saurait retarder. Or voici à quoi se réduit la substance désignée sous le nom d'*ulmine* (Vauquelin et Braconnot), d'*apothème brun* (Berzélius), d'*humus* ou d'*acide humique* (Sprengel), de *géine* et d'*acide géique* (Berzélius), et depuis notre première édition, d'*acide ulmique* par Boullay fils, et les rédacteurs de la sixième édition de Thénard, qui n'ont pas cru devoir reléguer cette substance dans le domaine de la physiologie (806); et, grâce à la direction académique, la synonymie n'a pas dit son dernier mot.

1137. Le ligneux, tel que nous l'avons défini (1102), étant formé d'une molécule de carbone et d'une molécule d'eau (863), dès qu'on le soumet à l'action d'une chaleur un peu forte et à l'abri du contact de l'air, éprouve une réaction intestine qui tend à séparer la molécule d'eau de la molécule de carbone; l'eau se vaporise, et le carbone reste sous forme d'un résidu noir et pulvérulent. Si vous l'observez, après l'avoir broyé, au microscope, vous n'apercevez que des globules noirs et opaques, que l'on reconnaît être sphériques, malgré leur extrême petitesse. Ces globules, restant en suspension dans l'eau, semblent s'y

(*) *Mémoire sur les tissus organiques*, § 95, tome III des Mémoires de la Société d'histoire naturelle de Paris.

dissondre en la noircissant ; mais on s'assure au microscope que cette dissolution apparente n'est qu'une véritable suspension.

1138. Si, à l'action de la chaleur, vous joignez celle des réactifs extrêmement avides d'eau, tels que les alcalis caustiques, les acides sulfurique et hydrochlorique concentrés, il est évident que la carbonisation s'opérera plus vite ; mais puisque ces substances agiront, non-seulement comme agents de décomposition, mais encore comme agents de combinaison, il s'ensuit que le carbone pourra se trouver mêlé à des substances de nouvelle création, qui seront capables de lui prêter des propriétés nouvelles. D'un autre côté, l'on sait que les molécules de carbone ont la faculté d'absorber, de condenser dans leurs pores les gaz et les acides, etc., dans des proportions étonnantes ; si donc vous traitez le ligneux par les acides forts, soit immédiatement, soit pour saturer une base alcaline, il résultera que le carbone s'emparera d'une partie de ces acides, de telle sorte que les plus grands lavages à froid ne pourront l'en séparer. Mais dès que l'on soumettra ce mélange à l'action de la chaleur, l'acidité ne tardera pas à devenir manifeste. Ajoutez à toutes ces considérations une considération non moins importante, qui est la présence, dans le ligneux, de substances étrangères et disparates que les acides et les alcalis peuvent désorganiser tout aussi bien que la ligneux, en les transformant cependant en produits d'une autre nature ; alors il vous sera facile de ramener, à un simple phénomène de carbonisation, les phénomènes en apparence si variés qui ont donné lieu à la création des substances d'une nature analogue à l'ulmine. Il suffit, en effet, pour s'en convaincre, d'examiner en détail les caractères que les auteurs ont successivement assignés à cette substance polymorphe.

1139. *Cette substance est plus soluble à chaud qu'à froid, et,* d'après Sprengel, *lorsqu'elle est entièrement sèche, elle ne se dissout plus dans l'eau à aucune température.* — Lorsque vous précipitez l'*ulmine* par un acide, il se forme des coagulum qui se tassent et se pressent au fond du liquide ; l'action de la chaleur, en dilatant les substances emprisonnées dans ces grumeaux, les désagrége ; l'ebullition les répartit dans toute la masse du liquide, qui, même après le refroidissement, les retient en suspension à cause de leur légèreté. Mais si, par la dessiccation, on a chassé toutes les molécules d'eau, et autres substances volatiles que ces grumeaux avaient emprisonnées, et qu'on ait ainsi rapproché plus intimement les particules hétérogènes de ce mélange charbonné, il est évident que ces gros grumeaux, refusant de se désagréger, retomberont toujours au fond du vase par le moindre repos. Mais dans toutes ces opérations, il est facile de constater au microscope que cette solubilité, à laquelle Sprengel a fait jouer un rôle si important relativement aux phénomènes de la végétation, n'est qu'une suspension plus ou moins prolongée, selon les dimensions plus ou moins grandes des particules charbonnées.

1140. *La gêine acide se dissout difficilement et incomplétement dans l'alcool* (Berzélius). — Cette substance, provenant du ligneux traité par la potasse, doit nécessairement conserver après l'opération une assez grande quantité de substances huileuses, grasses et résineuses, que le ligneux possède dans ses cellules. Ces grumeaux à demi charbonnés peuvent donc être considérés comme un *magma* de gomme, de charbon, de résine, soudés ou adhérents grossièrement entre eux. Il n'y a donc rien d'étonnant que l'alcool parvienne à en désagréger quelques-uns, et à isoler par conséquent des particules, que leur légèreté spécifique fera monter et rester en suspension. Au reste, le microscope fait justice de cette dissolution illusoire, comme de la première.

1141. *L'ulmine séparée de son dissolvant par l'alcool se redissout dans l'eau avec des phénomènes très curieux. On voit les grumeaux monter et redescendre avec rapidité* (Vauquelin). — Ces phénomènes si curieux se réduisent à des phénomènes très-ordinaires, et qui s'expliquent sans le moindre effort d'imagination ; il suffit de faire dissoudre sous ses yeux des fragments de sucre spongieux ; on voit ces fragments monter et descendre maintes et maintes fois, mais on observe en même temps que leur surface, et par conséquent leur pesanteur, varie à chaque ascension et à chaque précipitation nouvelle. Ajoutez à cette première cause, la présence d'une certaine quantité d'alcool, dans le précipité que Vauquelin observait, et ces mouvements devront être plus précipités et plus variés, à cause de l'évaporation des molécules alcooliques (649).

1142. *La dissolution de l'ulmine dans l'eau et dans l'alcool rougit le papier de tournesol, tandis que la partie non dissoute est sans action sur ce réactif* (Braconnot, Sprengel, Berzélius, etc.). Dès l'année 1827 (*) nous avions

(*) Voyez notre *Mémoire sur les tissus organiques*, § 99, tom. III des Mémoires de la Société d'histoire naturelle de Paris, 1827.

fait observer aux chimistes que l'acidité de cette substance lui est tout à fait étrangère. Car pour précipiter l'ulmine traitée par la potasse, on se sert d'un acide, de l'acide hydrochlorique, par exemple; or, disions-nous, il est impossible d'enlever, même par les plus nombreux lavages, à une substance organisée, l'acide quelconque avec lequel on l'aura mise en contact; en sorte que, soit à froid, soit à chaud, cette substance organisée ne cessera jamais de déceler la présence de cet acide, tant qu'on ne l'aura point désorganisée par le feu. Ces réflexions frappèrent Sprengel, qui s'attacha à dépouiller l'ulmine, ou, pour me servir de ses expressions, l'acide humique de l'acide hydrochlorique dont il s'était servi pour le précipiter, et il crut y être parvenu après un certain nombre de lavages; car le nitrate d'argent ne réagissait plus alors d'une manière sensible. Or Berzélius fait justement remarquer que cette preuve est nulle, vu que les chlorures d'argent, ainsi que les autres sels à même base, sont réduits par les corps contenant du carbone et de l'hydrogène. Mais après avoir émis une idée aussi juste, Berzélius n'en persiste pas moins à considérer cette substance comme immédiate, en faisant remarquer seulement que, *dans les descriptions de la géine on a attribué les propriétés de celle qui a été changée par l'action d'un alcali, à la géine qui n'a pas été altérée. La géine*, dit l'auteur, *qui rougit le papier de tournesol, est la même, quel que soit l'acide qui ait servi à la précipiter* (*). Mais Berzélius n'a sans doute pas rappelé à son esprit, en écrivant ces lignes, que la potasse mise en contact avec le ligneux détermine la formation d'acides carbonique, acétique, oxalique, et sans doute de beaucoup d'autres encore, selon la nature du végétal. Voilà donc bien des causes d'acidité pour cette substance plus ou moins carbonisée. Au reste, il faut admettre en principe que l'acidité est inséparable de la solubilité; or la substance noire qui compose la *géine* est un mélange de globules carbonisés aussi insolubles que les fragments de charbon obtenu par la voie directe, ainsi qu'on peut s'en assurer au microscope; donc l'acidité que manifeste le liquide, qui tient ces globules en suspension, leur est tout à fait étrangère.

1143. *Si l'on ajoute un acide à une dissolution alcaline de géine, celle-ci est précipitée.* Cette précipitation provient ou bien de ce que l'acide produit des coagulum, en s'emparant de la potasse qui tenait en dissolution quelques substances provenant du ligneux désorganisé, ou bien de ce que les globules carbonisés, jouissant de la propriété d'absorber et de condenser les acides, acquièrent par là une pesanteur spécifique plus grande. Quant à la première explication, on ne doit pas perdre de vue que le bois qu'on traite par l'alcali renferme force substances hétérogènes (1102). Au reste, ces deux hypothèses peuvent se réaliser à la fois, et il faut bien ranger ce précipité dans l'ordre des phénomènes physiques, puisque l'observation directe au microscope ne permet plus de les considérer comme l'effet d'une réaction chimique.

1144. Si l'on filtre la géine précipitée par un acide, et qu'on la soumette à des lavages réitérés, *tant que la liqueur qui passe par le filtre contient de l'acide libre, elle est incolore; ensuite elle commence à se colorer, et à la fin elle dissout jusqu'à* $\frac{2}{3}$ *pour cent de son poids de la masse précipitée* (Berzélius). A mesure que l'eau des lavages enlève l'acide du précipité, la substance coagulée par l'acide commence à se désagréger; les molécules charbonnées qu'elle emprisonnait s'isolent et passent alors librement à travers les mailles du filtre (935), en sorte que l'eau paraît s'en colorer.

1145. L'*ulmine* ayant été transformée en *acide ulmique* ou bien en *acide humique*, il était rationnel qu'on étudiât ses combinaisons avec les bases. Sprengel et Boullay ont entrepris cette tâche vraiment pénible, et ils ont publié à ce sujet un travail qui effrayerait l'imagination, par l'anomalie des faits qu'il renferme, si, après ce que nous venons d'exposer, on ne savait à quoi s'en tenir sur le compte de cet acide. Prenez du charbon pulvérisé, mêlez-y un peu de résine et de gomme, plus un acide quelconque, et vous combinerez ce mélange avec les bases, de manière à pouvoir publier un travail plus volumineux que ceux de Sprengel et Boullay jeune. Ces deux auteurs ont même cherché non-seulement la composition élémentaire de cet acide, mais encore sa capacité de saturation; mais leurs résultats sont si discordants entre eux, et s'accordent si peu avec les lois de la chimie, que les auteurs les plus favorablement portés en faveur de ces écarts de l'ancienne chimie n'ont pu les enregistrer que comme des faits particuliers; nous ne chercherons donc pas, nous, à nous y arrêter.

(*) La pensée de Berzélius est assez difficile à saisir, car un peu plus haut l'auteur dit *que dans son état naturel, la géine est sans action sur le papier de tournesol.*

1146. Nous terminerons seulement cet article, en énonçant que, par suite de tels principes, on trouverait autant d'*ulmines* différentes qu'on opérerait sur des essences différentes de végétal, ou sur des organes différents. Ainsi l'ulmine obtenue directement de la trituration de l'écorce ou de la carie de l'orme (*), différera en couleur de celle qu'on obtiendra, par la réaction da la potasse pendant la torréfaction, et celle-ci différera d'elle-même selon le temps qu'on mettra à la torréfier. Enfin, si au lieu de bois on se sert de papier, on obtient une ulmine à un tel état de division qu'elle reste en suspension au-dessus da l'eau, même à froid : l'acide sulfurique l'en précipite, mais si l'on n'a pas soin de pulvériser les gros grumeaux que la torréfaction produit, ces gros grumeaux restent aussi invisibles à chaud qu'à froid ; ce qui se concevra facilement, en faisant attention que, pendant la torréfaction, des parcelles de potasse ont pu s'envelopper d'une couche de ces granulations noires soudées entre elles par la torréfaction, et qui protégent ainsi l'alcali contre l'affinité de l'eau ; en les broyant, au contraire, on met à nu la potasse que l'eau dissout, et les grumeaux plus divisés restent plus facilement en suspension.

1147. Quant au *terreau charbonneux* de Berzélius, il est évident, par la description qu'il en donne, que ce n'est autre chose que l'ulmine à un état de division trop grossier, pour lui permettre de monter en suspension dans le liquide.

1148. D'après Th. de Saussure, ce *résidu charbonneux* transforme l'oxygène de l'air en acide carbonique, et pendant l'opération de la torréfaction de la sciure de bois avec la potasse, il se dégage en abondance du gaz hydrogène uni à très-peu de carbone; enfin, d'après Chevreul, en délayant ensuite la masse dans l'eau, elle absorbe à l'instant même l'oxygène de l'air, et passe du jaune au brun. Mais toutes ces circonstances s'expliquent fort bien, par la composition intime du lignaux (1115), que désorganise la potasse, en se carbonatant à ses dépens, et qui condense, dans les pores du charbon, l'oxygène de l'air.

1149. L'acide sulfurique et l'acide hydrochlorique, en raison de leur grande avidité pour l'eau, jouissent, comme les alcalis caustiques (potasse, soude, chaux), de la faculté de réduire le ligneux à ses molécules de carbone. Mais leur action est si intense et si durable que le ligneux charbonné ne tarde pas à être divisé en globules assez petits, pour échapper par leur forme à l'observation, quoiqu'ils colorent en noir le liquide (1138). Or, comme on peut suivre jour par jour, au microscope, cette division à l'infini, et que, lorsque les globules sont encore appréciables, on peut se convaincre que la coloration en noir de l'acide n'est due qu'à une simple suspension, l'analogie fait une loi de croire que, lorsque ces globules noirs ne sont plus susceptibles d'être appréciés, la coloration qu'ils communiquent au liquide désorganisateur, ne tient pas à d'autres phénomènes.

1150. Le chlore blanchit le ligneux sans le détériorer. C'est à cette découverte qu'est due la révolution qui s'est opérée dans l'art du blanchiment des toiles.

1151. Il ne faudrait pas croire que ces raisons aient été suffisantes pour arrêter les partisans de la vieille méthode, dans la route qui conduit aux découvertes de ce genre et à la faveur de l'Institut. Bien au contraire, ces messieurs n'en marchent que plus vite, car ils marchent alors de dépit. A peine nos premiers travaux de *chimie organique* avaient-ils paru, que sous les auspices de Dumas, Polydore Boullay fils, jeune homme digne d'une meilleure école, se mit à l'étude et à la réhabilitation de l'*acide humique* et *géique* ; nom que, pour être fidèle aux principes de l'illustre école, il reconnut la nécessité de changer en celui d'*acide ulmique*, qui ne tarda pas à être suivi de l'*acida azulmique*. Ce travail fut composé entièrement d'après l'ancienne méthode, à l'aide du creuset, de la décomposition et de la balance (**). Mais la seule expérience nouvelle de ce travail était l'analyse élémentaire (224) da ce prétendu acide; l'auteur le trouva formé en poids de : carbone 56,7, et eau 43,3, nombres fort rapprochés de ceux de l'acide gallique sec, qui, d'après Berzélius, est formé de carbone 57,08, et eau 42,92 ; d'où l'auteur conclut que l'acide ulmique ne différait de l'acide gallique que par de l'eau de cristallisation. Ce rapprochement, même en ne tenant compte que des considérations familières à l'ancienne méthode, aurait été fort curieux. Mais Pelouze ayant trouvé dans l'*acide ulmique* un peu plus de carbone que ne l'avait indiqué Boullay, ce dernier lui avoua, ce qu'il n'avait pas osé confier à son mémoire, qu'il conservait quelques doutes sur l'exactitude de ses propres résultats (***); ce qui doit signifier pour nos lecteurs que ce tra-

(*) L'acétate de potasse et le carbonate de la même base, qu'on retrouve dans le suc qui découle des ulcères d'orme, suffit, je pense, pour autoriser à penser que l'ulmine de ce liquide résulte, comme dans nos laboratoires, de la réaction de l'alcali.

(**) *Annal. de chimie et de phy.* t. XLIII, p. 273, 1830.

(***) *Journal de pharmacie*, tome X, page 281, 1824.

vail, enregistré par Dumas et Thénard, n'a pas besoin d'une plus longue réfutation.

1152. Si l'on a eu soin de se pénétrer des principes et des réfutations qui ont fait le sujet des paragraphes précédents, il sera facile de se rendre compte de certains résultats, qui, s'étant réalisés dans les entrailles de la terre, sembleraient, au premier coup d'œil, appartenir à un autre ordre de phénomènes.

1153. Houille.—Si nous exposons au feu, sur une lame de métal ou de verre, la substance végétale la plus blanche, telle que l'amidon ou le ligneux médullaire, on la verra se boursouffler, puis jaunir, bouillonner en noircissant, et former, tant qu'elle ne s'enflammera pas, une surface luisante et noire comme du jais. Si l'on procédait en vase clos, on pourrait porter la chaleur jusqu'à une température plus élevée, jusqu'à celle où fondent et se vitrifient certains oxydes, et cette matière noire et ce charbon coulant ou plutôt cette dissolution oléagineuse de carboue n'en aurait qu'une consistance plus mate et un œil plus vigoureux. Supposons donc qu'on soumettr, à l'abri du contact de l'air, et dans un vase clos, un mélange de calcaire ou de soude, de silice, d'oxyde de fer, etc., d'un côté, et de ligneux pirin encore des substances qu'à l'état vivant ses cellules élaborent; la substance organique restant fondue jusqu'à ce que la substance inorganique entre en fusion elle-même, ou bien le coup de feu capable de fondre et de vitrifier les oxydes succédant brusquement à la température où fondent les tissus, les deux pâtes se mélangeront et n'en formeront plus qu'une seule, noire, compacte et homogène; on aura alors avec tous ses caractères une *houille* artificielle.

Or la température nécessaire à la production de ce phénomène peut être le résultat d'une fermentation intestine, tout autant que celui de la combustion de nos fourneaux. On connaît jusqu'à quel degré s'échauffent les couches de fumier de deux pieds de profondeur, que l'on a soin de recouvrir d'un demi-pied de terre végétale; on sait que dans le premier feu, il serait impossible d'y tenir la main une seule minute; or, l'intensité de la chaleur dégagée est en raison de la masse d'où elle émane. Mais s'il arrivait, par suite d'une grande catastrophe, que toute une forêt se trouvât tout à coup ensevelie, arbres et animaux de tout genre, sous une masse de sable de 60 pieds d'élévation, jugez, aux proportions d'une telle couche fermentescible, de la chaleur qui se dégagerait par la fermentation. Le sable y fondrait comme dans nos verreries, et le calcaire du sol s'y vitrifierait, en même temps que la végétation tout entière coulerait comme du bitume; et cet emplacement serait, pour les siècles futurs, une vaste houillère, c'est-à-dire un mélange fondu et pour ainsi dire vitrifié de charbon oléagineux, de sulfures de fer, et de différentes terres; ce serait en un mot une *ulmine* vitrifiée.

1154. Tourbières. — Plus modernes et toujours inondées, les mousses de nos marais n'ont pu être exposées à une fermentation aussi puissante; aussi leur carbonisation n'a pas dépassé les caractères du terreau qui provient de la fermentation spontanée et à ciel ouvert.

1155. Blés charbonnés. — On trouve assez fréquemment enfouies dans la terre, des quantités assez considérables de blé, qui paraissent avoir été mises en réserve dans ces cachettes, à l'époque de nos guerres civiles et religieuses, ou à l'approche des invasions de notre vieille histoire. Ces blés sont charbonnés, comme s'ils avaient été exposés à une haute température en vase clos. Une découverte de ce genre fournit à Lassaigne l'occasion d'annoncer à l'Institut (juillet 1834), qu'il venait de trouver, près des fondements d'une vieille maison, des grains de blé, que l'humidité, sans le contact de l'air, avait réduits à l'état de terreau charbonneux et d'*acide ulmique*. Nous avons examiné ces grains, et nous n'y avons rien vu qui porte les traces de l'action de l'humidité seule. Ces grains ont conservé leur forme et leurs dimensions ordinaires; seulement, à l'intérieur comme à l'extérieur, ils sont réduits en charbon, exactement comme les grains de café, dont la torréfaction a été poussée trop loin. En torréfiant nos grains de blé ordinaire tout autant que ces grains de café, on reproduirait, aussi exactement qu'il est possible de l'attendre, les grains de ces décombres, avec ce prétendu terreau charbonneux que donne la précipitation après trituration, et ce prétendu *acide ulmique* que donne la suspension du même terreau charbonneux, enfin, jusqu'à l'odeur du café brûlé qui caractérise les grains des décombres. L'humidité seule et sans élévation de température, ne produirait jamais rien de semblable, même à l'abri du contact de l'air; le grain de blé placé à l'humidité et qui ne germe pas, se putréfie; il se décompose, il répand une odeur fétide et ammoniacale; il ne se charbonne pas et ne devient pas acide. Toutes les vapeurs, au contraire, qui en

émanent sont imprégnées d'acide, tout le charbon qui reste au fond du vase donne des signes intenses d'acidité, quand on soumet le grain à un coup de feu qui le désorganise. Les grains charbonnés que l'on trouve fréquemment dans le sein de la terre voisine des habitations, ont donc subi l'influence non d'une lente humidité, mais d'une élévation brusque de température. Or il pourrait arriver que ce résultat soit l'effet d'un violent incendie, qui aura échauffé, comme un fourneau, les parois du gîte où ces grains avaient été enfouis par précaution. Mais en laissant de côté cette cause, qui du reste ne nous paraît pas la plus générale, il sera facile de comprendre que des tas de blé enfouis ainsi dans des lieux humides, ont pu se charbonner, par l'effet seul de leur propre fermentation. On sait, en effet, combien de chaleur répandent les tas de grains d'orge que l'on fait germer en masse pour la fabrication de la bière; mais qu'on essaye de recouvrir à de grandes profondeurs des grains de céréales, chez lesquels s'est déclaré le mouvement de la germination; l'échauffement produit par la décomposition des germes sera tel, que ces grains se charbonneront tous, comme si on les avait torréfiés au feu; car pour charbonner des grains, il suffit d'une température d'un peu plus de 100°; or nous voyons la fermentation de nos meules de foin élever la température jusqu'à la flamme de l'incendie. Mais d'un autre côté, la germination abonde en acide acétique et carbonique, dont le charbon qui a la propriété d'absorber et de condenser les gaz et les acides, ne manquera pas de s'imprégner, d'une manière durable et opiniâtre; ces grains charbonnés seront donc acides. Du reste, on se convaincra encore mieux de la vérité de l'induction, en expérimentant de toutes pièces, et en reproduisant en connaissance de cause, ce que le hasard nous fait trouver dans les entrailles du sol. Il suffira peut-être d'un mois, pour obtenir le résultat complet, qui fait le sujet de ce paragraphe.

§ VIII. *Combinaison prétendue du ligneux et de l'amidon.*

1156. Je ne sais pas si, après tous les développements que j'ai donnés ci-dessus à l'histoire de la fécule (1063), je devrais m'occuper ici d'une prétendue substance que Einhof et Vauquelin considéraient comme un mélange intime d'amidon et de fibre végétale. Cette substance s'obtiendrait du tissu des pommes de terre, après l'avoir séparé, par la trituration et par de fréquents lavages, de toutes les parties que l'eau est susceptible ou d'entraîner ou de s'assimiler. Elle s'offrirait sous forme de fibres tenaces et translucides, se desséchant en une masse dure, blanc grisâtre, fendillée, se ramollissant par l'ébullition avec l'eau, et se transformant en grumeaux translucides, et à la fin en un empois également translucide; délayée dans l'eau, sans avoir été soumise à l'ébullition, elle s'aigrit promptement et se convertit en vinaigre, dans l'espace de deux jours. Berzélius considère cette substance comme étant analogue à *l'enveloppe insoluble des grains d'amidon* (téguments, 908)!

1157. Ces trois chimistes ont raisonné d'après l'hypothèse que, toutes les fois que l'eau n'enlève plus rien aux tissus organisés, c'est que ces tissus ne renferment plus rien qui soit susceptible d'être enlevé par l'eau. Mais nos expériences ont suffisamment démontré la fausseté d'un axiome, qui a causé tant d'erreurs en chimie organique. En examinant au microscope, et cela avec le secours des réactifs, cette substance hermaphrodite, on ne tarde pas à reconnaître qu'une foule de grains d'amidon sont restés opiniâtrément attachés aux parois des cellules, même de celles qui ont pu être éventrées par le déchirement ou par la trituration. Voilà tout le secret de cette découverte, qu'il nous faut encore rayer des catalogues de la science.

§ IX. *Transformations réelles et imaginaires du ligneux par l'action des acides.*

1158. Le ligneux possédant presque la même composition élémentaire que l'amidon (1115), il n'est pas étonnant que l'action des acides puisse lui faire subir les mêmes transformations qu'à cette dernière substance.

1159. L'action de l'acide nitrique concentré jaunit d'abord le bois, le désorganise, le réduit en une masse pulvérulente, et finit par le dissoudre, en le convertissant, d'abord en acide malique, et, par une opération plus prolongée, en acide oxalique (881).

1160. L'acide sulfurique donne lieu à deux résultats encore plus intéressants sous le rapport physiologique; car, d'après nous, l'acide en cette circonstance semble moins métamorphoser le ligneux que lui rendre sa forme primitive (835). C'est à Braconnot que nous devons la première de ces découvertes, et à Kirchoff que nous devons la seconde qui est la première en date.

1161. Vingt-quatre grammes de toile de chan-

vre usée, bien sèche, arrosée peu à peu avec trente-quatre grammes d'acide sulfurique concentré, de manière que la masse s'échauffe à peine et s'imbibe également, finissent par disparaître sans dégagement de gaz; et il en résulte une masse mucilagineuse, très-tenace, puissante, peu colorée, entièrement soluble dans l'eau, à l'exception d'une petite quantité de tissu non attaqué. Le ligneux est alors transformé en gomme, qu'on extrait, en étendant d'eau le mucilage, saturant l'acide sulfurique par la craie; on passe, on lave le résidu sur un linge, et on ajoute une certaine quantité d'acide oxalique au liquide, pour en précipiter la chaux qu'il pourrait contenir; on filtre de nouveau, l'on concentre et l'on s'empare des acides libres que la masse pourrait contenir, en la traitant par l'alcool. D'après les premières expériences, 21,5 grammes de toile auraient produit net 21,9 de gomme. Mais ce résultat est inexplicable autrement qu'en admettant que la gomme ainsi obtenue renferme encore une quantité appréciable de chaux, de sulfate, d'oxalate et d'eau.

1162. Lorsqu'au lieu de saturer par de la craie la solution acide de la masse mucilagineuse obtenue à froid, on la fait bouillir pendant dix heures, la matière gommeuse se trouve peu à peu décomposée, et finit par être presque entièrement remplacée par du sucre en tout point analogue à celui du raisin.

Pour l'extraire, on sature avec de la craie, on filtre, on évapore jusqu'à consistance sirupeuse. En vingt-quatre heures, la cristallisation commence à se manifester, et dans l'espace de quelques jours, tout le sirop se prend en masse. On obtient le sucre à l'état de pureté, en le pressant fortement entre plusieurs doubles de linge usé et le faisant cristalliser une seconde fois; en le traitant enfin par le noir animal, on le rend d'une blancheur éclatante.

1163. Braconnot a annoncé qu'en outre de ces transformations du ligneux par l'acide sulfurique, il se produit encore un *acide*, qu'il a désigné sous le nom d'*acide végéto-sulfurique*. Pour l'obtenir à la suite de l'opération précédente, on neutralise, par le carbonate de plomb, le mélange bouilli et acide, étendu d'eau; on filtre la liqueur, pour séparer le sulfate plombique, et on la traite par le gaz hydrogène sulfuré, pour précipiter l'oxyde de plomb qu'elle tient en dissolution. La liqueur, filtrée de nouveau, est évaporée à une douce chaleur jusqu'à consistance de sirop, puis traitée par l'alcool, qui précipite la gomme; on agite le sirop qui reste, avec de l'éther qui dissout l'acide, et laisse le sucre. La dissolution éthérée est jaune, et laisse après l'évaporation un acide presque incolore, fortement acide, presque caustique, qui attaque fortement les dents, qui ne peut être obtenu à l'état cristallisé, et qui attire l'humidité de l'air; au-dessus de 20° de chaleur, il commence à brunir, et un peu au-dessous de 100°, il se décompose, devient noir; et si on l'étend d'eau, il laisse déposer une substance charbonneuse; il est alors précipitable par les sels barytiques.

Thénard avait émis l'opinion que cet acide n'était que de l'acide hypo-sulfurique combiné avec une certaine quantité de matière végétale. Berzélius a pris soin de réhabiliter ensuite cette substance. Cependant on a qu'à réfléchir sur toutes les circonstances précédentes, pour s'assurer que ce n'est là que de l'acide sulfurique tenant en dissolution une certaine quantité de sucre. L'éther ne précipite que la portion de sucre que l'affinité de l'acide ne peut rendre soluble dans ce menstrue (65); si l'acide se refuse à précipiter les sels barytiques et à base de plomb, cela vient uniquement des propriétés que communique à l'acide l'association plus intime d'une certaine quantité de sucre; nous verrons, en parlant de l'acide lactique, un exemple de mélange analogue à celui-ci par ces propriétés nouvelles. Vous retrouvez l'acide sulfurique après, comme vous l'aviez reconnu avant de l'employer; seulement vous avez de plus une substance charbonneuse. Que faut-il de plus pour conclure, que vous aviez sous les yeux un mélange intime, et non une transformation?

1164. Xyloïdine de Braconnot. — L'auteur des précédentes inductions ne s'arrête point dans la carrière qu'il a ouverte à ses travaux; il y avance, comme s'il n'avait pas même aujourd'hui à craindre qu'une pareille direction ne mène à l'absurde; il fait comme tant d'autres, il n'a pas de conseils à recevoir, les *Annales de chimie et de physique* (*) sont là pour enregistrer ses productions sans contrôle; et il est juste de l'avouer, ce journal n'en publie pas tous les jours encore de cette valeur. L'acide sulfurique, sous la plume du chimiste, avait transformé le ligneux en acide *végéto-sulfurique;* l'acide nitrique ne devait pas rester en arrière, et du même trait il a transformé l'amidon, la sciure de bois, le coton, le linge, la gomme arabique, l'inuline, la saponine, etc. (mais

(*) Tom. LII, 1833, pag. 290.

non la gomme de chiffons de linge obtenue par l'acide sulfurique concentré), en xyloïdine. Nous craignons que nos expériences relatives à l'action de l'acide nitrique sur l'amidon (930) n'aient fourni l'occasion de cette théorie ; dans ce cas les explications, dans lesquelles nous allons entrer, devront être considérées comme une amende honorable.

1163. « 1° L'auteur a délayé cinq grammes de fécule avec une suffisante quantité de cet acide ; et, après avoir agité de temps en temps le mélange, il a obtenu une dissolution mucilagineuse parfaitement transparente ; mais celle-ci a été entièrement coagulée par l'eau en une masse blanche, caséiforme, laquelle, écrasée, bien lavée et desséchée, pesait exactement cinq grammes (*), comme la quantité d'amidon employée ! 2° Elle est blanche, pulvérulente, insipide, et ne rougissait pas le papier de tournesol. 3° Si on la délaye avec la teinture d'inde, celle-ci se décolore, et on obtient une combinaison jaune. Le brôme n'a aucune action sur cette matière. 4° Elle se ramollit et s'agglomère dans l'eau bouillante, mais sans s'y dissoudre en aucune manière. 5° Elle ne se dissout pas mieux, lorsqu'on la fait bouillir dans l'acide sulfurique étendu de deux fois son poids d'eau ; mais avec l'acide sulfurique concentré, on parvient à obtenir une dissolution parfaitement incolore, qui n'est point précipitée par l'eau, et qui renferme une matière gommeuse. 6° L'acide hydrochlorique dissout facilement la nouvelle substance, surtout à l'aide d'une douce chaleur ; mais elle en est entièrement précipitée par l'eau avec toutes ses propriétés. 7° Elle passe aisément à froid dans l'acide nitrique affaibli ordinaire ; l'eau et les alcalis précipitent abondamment cette dissolution, qui peut produire de l'acide oxalique, mais point d'acide mucique. 8° De tous les acides végétaux, l'acide acétique concentré paraît être le seul qui agisse sur la substance que nous examinons ; il la dissout facilement, surtout à l'aide de la chaleur, et peut même s'en charger en une proportion telle, que la liqueur prenne la consistance d'un mucilage épais, lequel, mis en contact avec l'eau, se coagule en masse dure d'un blanc mat ; mais en le faisant sécher à une douce chaleur, il laisse une matière vernissée qui n'est pas moins incolore que du verre blanc. 9° L'ammoniaque et la potasse caustique sont sans action sur la nouvelle substance ; cependant elle s'y agglomère et devient transiucide ; mais par l'ébullition, on finit par obtenir une dissolution brunâtre, de laquelle les acides précipitent la matière dissoute légèrement modifiée. 10° L'alcool bouillant paraît avoir peu d'action sur la nouvelle substance ; cependant la liqueur alcoolique devient légèrement lactescente en refroidissant. 11° Exposée à la chaleur, elle s'enflamme avec beaucoup de facilité ; il suffit même de la chauffer sur une carte, pour qu'elle se charbonne rapidement, aussitôt qu'elle commence à se liquéfier, sans que la partie de la carte exposée à la chaleur soit sensiblement endommagée. 12° Distillée dans une petite cornue de verre, elle laisse environ $\frac{1}{6}$ de son poids d'un charbon difficile à incinérer, comme celui de la fécule elle-même, et fournit en outre un produit liquide brunâtre contenant beaucoup d'acide acétique. »

1166. Nous avons eu soin de numérotar toutes les réactions indiquées par l'auteur : nous allons les évaluer dans le même ordre. Peut-être tomberons-nous dans des répétitions et des longueurs ; mais nous ne pensons pas devoir nous dispenser de cette réfutation sous une nouvelle face ; les vieilles méthodes ne se renversent que par des répétitions ; elles ne se rendent jamais de prime abord à l'évidence.

1° Nous avions déjà suffisamment constaté ce phénomène (930) ; l'acide nitrique ayant la propriété de transformer à chaud l'amidon en acide oxalique, il est évident qu'à froid son action doit se manifester, mais proportionnellement avec moins d'énergie. Dans les premiers instants, la chaleur dégagée par la combinaison de l'acide nitrique avec l'humidité de l'atmosphère suffit pour faire éclater les téguments de la fécule ; l'acide les corrode ensuite, en s'emparant des bases terreuses qui sont combinées avec leur tissu. Or, comme l'acide nitrique est extrêmement avide d'eau, et que l'eau est le menstrue de l'amidon soluble, il s'ensuit que l'acide dissoudra toute cette substance devenue entièrement gommeuse. Mais voici que l'eau la coagule tout à coup et la précipite, ce qui semble impliquer une contradiction. La contradiction n'est qu'apparente. En effet, l'acide nitrique ayant pour l'eau une affinité supérieure à celle de la substance amylacée, il s'ensuit qu'il s'en emparera à son profit au premier contact, qu'il se l'associera subitement d'une manière exclusive, et que partant il abandonnera la substance amylacée qu'il dissolvait auparavant ; car un menstrue ne l'est que pour une chose. Ce-

(*) C'est une erreur certainement, car il est impossible, qu'un semblable précipité ait lieu sans emprisonner de l'acide, qui en augmentera le poids.

pendant, après ce premier déplacement, l'équilibre ne tardera pas à renaître, et peu à peu l'eau acide reprendra, pour la redissoudre, la substance qu'elle avait précipitée d'abord. Il est encore une circonstance trop négligée par les chimistes, et qui peut porter à croire à tort à une précipitation, c'est la différence du pouvoir réfringent de la substance ajoutée avec la substance essayée. La dissolution nitreuse d'amidon et d'eau possède nécessairement un pouvoir réfringent et une densité bien différents de l'eau ordinaire; or si, dans l'éprouvette à expérience, vous versez de l'eau distillée, vous observerez, à travers les parois du verre, deux couches distinctes, et séparées d'abord entre elles par une ligne de démarcation horizontale. Celle du fond, c'est-à-dire le mélange d'amidon et d'acide, sera la plus pesante, elle sera en même temps la plus opaque. Celle qui la surmontera ne se composera d'abord presque que d'eau; celle-ci n'aura donc rien précipité, elle se sera simplement superposée. Dissolvez de la gomme arabique dans l'eau, de manière à ce que la dissolution soit sirupeuse; si vous versez ensuite de l'eau distillée sur le mélange, vous aurez devant les yeux un effet analogue; la solution de gomme arabique vous paraîtra avoir été précipitée par l'eau surajoutée.

2° Le précipité dont parle l'auteur ne rougissait pas le tournesol, parce que l'acide était emprisonné dans le coagulum; deux heures après son séjour dans l'eau, les réactifs auraient donné les signes les plus évidents d'acidité.

3° L'iode ne colore pas en bleu le mélange, parce qu'en contact avec un acide aussi susceptible de se désoxygéner que l'est l'acide nitrique, l'iode ne peut manquer de se transformer immédiatement en acide *iodique* (947).

4° Après sa première action, l'acide opère d'une autre manière; il enlève de l'hydrogène ou de l'eau aux substances organiques, comme tous les acides; et, en augmentant les proportions du carbone, il diminua d'autant la solubilité de la substance; l'eau bouillante, qui s'empare de l'acide nitrique et l'empêche, en l'étendant, de réagir sur l'amidon, ne répare nullement l'altération qui a rendu la substance moins soluble.

5° Il faut en dire autant de l'acide sulfurique étendu. Les acides seuls concentrés sont dans le cas de désagréger les molécules de la substance organique, en les transformant en de nouveaux produits qui ne sont plus de l'amidon.

6° Ce que nous avons dit de la solubilité de la fécule dans l'acide nitrique, s'applique immédiatement à la solubilité dans l'acide hydrochlorique.

7° Les alcalis avides d'eau et d'acide doivent nécessairement précipiter l'amidon, faute de dissolvant. Nous expliquerons plus bas, pourquoi l'amidon traité par l'acide nitrique ne produit pas de l'acide mucique.

8° L'acide acétique, même concentré, renferme assez d'eau pour servir de menstrue; c'est celui dans lequel les sels (et nous avons dit que l'amidon en renferme) se dissolvent le mieux. Si à la place de l'acide acétique, vous vous serviez d'acide oxalique, il est évident qu'il se produirait un précipité d'oxalate, lequel entraînerait en un magma les molécules de la substance coagulée. Quant au vernis dont l'auteur parle, la substance soluble de la fécule, isolée de ses téguments, forme un vernis exactement semblable; seulement la présence de l'acide acétique doit le rendre plus déliquescent.

9° L'ammoniaque et la potasse caustique ne sont pas sans action sur le précipité; ces alcalis doivent au contraire en augmenter la coagulation, à cause de leur grande avidité pour l'eau (641); aussi la masse ne tarde-t-elle pas à offrir des signes évidents d'un commencement de carbonisation.

10° L'alcool doit dissoudre de cette substance toute la quantité qui se trouve en contact avec l'eau et l'acide, mais plus à chaud qu'à froid, d'où vient qu'une partie se précipite par le refroidissement.

11° Elle s'enflamme comme toutes les substances qui renferment des nitrates; du reste l'amidon s'enflamme facilement. Cette substance doit noircir par une chaleur qui n'altère pas la blancheur de la carte à jouer; car elle renferme un élément de carbonisation (les molécules d'acide), que la carte ne renferme pas dans ses feuillets.

12° Ces divers produits s'obtiennent de la fécule intègre; la présence de l'acide nitrique et des nitrates opère ici, comme le phosphate d'ammoniaque, en soustrayant la masse charbonneuse au contact de l'oxygène de l'air, en la recouvrant enfin d'une enveloppe imperméable.

1167. Tous les caractères assignés par l'auteur à la xyloïdine ne sont donc que des caractères empruntés; ce sont des circonstances dont nous avons suffisamment appris à évaluer l'importance, et dont nous avons plus d'une fois reconnu l'origine; ce sont des effets d'un mélange qu'il est absurde de n'attribuer qu'à un seul des éléments de la complication. S'il fallait admettre

comme vrais les motifs sur lesquels l'auteur appuie sa découverte, l'auteur aurait failli alors par trop de réserve, il aurait été trop sobre de créations nominales ; car il n'est pas de réactif qui ne soit capable de donner lieu à des produits dignes, au même titre, d'être inscrits au catalogue, sous un nom particulier.

§ X. *Application des résultats contenus dans les paragraphes précédents.*

1168. Physique.—Le ligneux réduit à sa plus simple expression étant une combinaison d'une portion en poids de carbone et d'une portion d'eau (1115), il s'ensuit que, privé d'humidité étrangère, il est tout aussi peu conducteur d'électricité et de calorique que le carbone ; mais, en reprenant l'humidité de l'air, il reprend sa conductibilité pour ce fluide impondérable. Les petites boules de moelle de sureau, suspendues à des fils de soie, forment d'excellents électromètres, à cause de leur légèreté et de la pureté de leur ligneux. Dans les expériences qui auront pour but l'étude des phénomènes électriques chez les végétaux, il ne faudra jamais perdre de vue la différence qui doit exister, sous le rapport de la conductibilité pour l'électricité et le calorique, entre le bois sec et la tige vivante, entre le ligneux et le bois.

1169. Fissilité du bois. — Le bois ne se fend jamais par tranches horizontales, comme le fait le cylindre médullaire du sureau ; mais toujours longitudinalement. Cela vient de la structure géométrale du tronc et de la tige, grands et gigantesques entre-nœuds, qui sont organisés, avec toute la rigueur de l'exactitude, sur le type d'un fruit pluriloculaire (*), c'est-à-dire qui sont une agrégation de longues et vastes loges ou cellules rayonnantes autour du tuyau médullaire, qui leur sert de *placenta columellaire*. Ces loges reproduisent, par le même mécanisme, d'autres loges à leur intérieur, et celles-ci des loges de création nouvelle, et ainsi de suite à l'infini, mais toujours dans le sens du développement tigellaire, c'est-à-dire plus en longueur qu'en largeur ; en sorte que chacune des loges principales s'étend de la base au sommet du tronc le plus gigantesque ; une tranche horizontale du tronc offre le plan et le profil du rayonnement produit par toutes ces loges primaires, secondaires et tertiaires. La dessiccation arrive à désagglutiner les parois de ces loges, comme se désagglutinent, sous la même influence, les loges de certains fruits. L'impulsion cunéiforme opère cette désagglutination avec violence, et le tronc se fend en longueur. Il faut, au contraire, déchirer le tissu, opérer une solution de continuité, limer enfin de proche en proche avec la dent de la scie, pour fendre un tronc et une tige en largeur ; car, dans ce sens, on rencontre des épaisseurs et non des soudures, des continuités et non une agglutination. Il n'en est pas de même de la moelle, dont toutes les cellules offrent les mêmes diamètres dans les trois dimensions, et permettent au cylindre médullaire de se désagglutiner tout aussi bien en longueur qu'en largeur, et aux distances les plus rapprochées.

(*) *Nouveau système de physiologie végétale et de botan.*, § 551.

1170. Dessiccation du bois. — Si le tronc le plus élevé n'est qu'un entre-nœud, les interstices cellulaires doivent s'étendre en général de la base vers l'extrémité. Lorsqu'on a coupé le tronc, ces interstices se remplissent d'air, en se dépouillant de l'eau qui y circulait ; il en est de même des cellules vasculaires de la sève qui s'écoule, pour faire place à l'air extérieur. Jusqu'à ce que le bois se soit dépouillé entièrement de cette partie aqueuse que l'évaporation lui enlève chaque jour, il est impropre aux besoins des arts, et ne tarderait pas à perdre, en se déjetant par la dessiccation, la forme que la hache et le ciseau lui auraient donnée. Il faut le laisser dessécher sur pied ou sur place, avant de décider à quel usage l'art du charpentier le consacrera. Chacun comprend de quelle utilité il serait pour la grande industrie, d'avoir un procédé prompt et facile, pour abréger la durée de la dessiccation du bois. Nous avons, dans la *Physiologie végétale*, § 2074, proposé le suivant, qui est fondé sur la théorie du développement du tronc, et qui, s'il réussit, comme nos prévisions nous permettent de le croire, joindrait à l'avantage d'une prompte dessiccation, celui d'ajouter à la compacité, à la force et à la flexibilité de la tige. Ce procédé n'est autre que l'application de la machine pneumatique à la dessiccation du bois. Voici comment, *à priori*, nous avons conçu le procédé. Soit un atelier à l'abri de l'humidité, et dont l'air sera tenu aussi sec que possible, au moyen de substances avides d'eau, telles que de la chaux vive, de l'acide sulfurique, du soo et du sel marin, déposés çà et là sur des soucoupes en nombre suffisant. Supposons qu'on désire opérer la dessiccation d'un tronc d'arbre, équarri ou seulement

écorcé ; on goudronnera toute sa surface, à l'exception desdeux tranches qui forment les deux extrémités, dont on mettra l'une en communication avec le corps de la machine qui fait le vide, l'autre restant en communication avec l'air extérieur. Lorsque les indications hygrométriques cesseront de marquer des quantités appréciables d'eau dans la substance de l'arbre, qu'on enduise d'une substance oléagineuse de peu de valeur, ou mieux d'une huile lentement siccative, l'extrémité du tronc qui est opposée à la machine, et que l'on continue à faire jouer le piston de la machine ; toutes les petites lacunes qui étaient remplies d'air humide au commencement de l'opération, se pénétreront de la substance oléagineuse, qui s'y desséchera, et préservera ainsi les parois de l'effet corrosif de l'air et de l'eau.

Il est probable qu'on trouvera d'autres avantages à ce procédé, en essayant l'action d'une foule d'autres substances répandues dans le commerce, telles que les dissolutions de fer, de sels calcaires ou potassiques, etc., qui rendraient le bois incombustible et aussi dur que du métal. Peut-être même obtiendrait-on le même résultat, en laissant plongée la pièce de bois, après qu'elle est achevée, dans une dissolution concentrée de sulfate de fer ou d'acétate de chaux. Si l'on soumettait à l'un ou à l'autre procédé toutes les pièces qui entrent dans la charpente d'un édifice, il est indubitable qu'on couperait court à l'incendie des habitations. Jusqu'à présent, les économistes qui ont visé à ce résultat se sont contentés de revêtir seulement la surface des merrains et des poutres, avec un sel qui, par le feu, forme croûte, et préserve l'intérieur du contact de l'air et de la flamme ; il est évident que cette amélioration avait le tort d'être superficielle.

1171. AGRICULTURE. — L'*humus* étant un résidu plus ou moins charbonné, mais absolument insoluble, il doit être démontré que le rôle qu'il joue dans la végétation n'est pas d'être absorbé par les racines, pour passer dans la sève, à l'état de liquide nourricier. L'*humus* et le *terreau* ne sont pas les éléments immédiats de l'organisation, mais le laboratoire, si je puis m'exprimer ainsi, des sucs et des gaz nourriciers. Le charbon, en effet, a la propriété d'absorber les gaz, de les condenser dans ses pores. Or si, dans ses pores, se trouvent en même temps des substances susceptibles de se combiner chimiquement avec ces gaz, la combinaison ne pourra que gagner en durée par la condensation de ceux-ci ; il se formera alors et des liquides et de nouvelles substances gazeuses, parmi lesquelles jouera le principal rôle l'acide carbonique, provenant de la combustion du carbone par l'oxygène condensé.

1172. Nous avons vu que les alcalis jouissaient de la propriété de carboniser les tissus ligneux les plus durs ; il s'ensuit que, dans l'application, on pourra activer la décomposition en terreau des plantes les plus rebelles au fumage, telles que le buis, les bruyères, les mousses, les écorces, les éclats, etc., en les laissant en contact, en plein air, avec de la chaux vive ou de la cendre tirée tout récemment de l'âtre. La pluie et l'humidité formeront une espèce de lessive qui réduira en terreau ces couches de branchages, en un temps d'autant plus court, que la dose d'alcali aura été plus forte et le temps plus humide. Dans ce but, on construit, dans des fosses de deux pieds de profondeur, des tas élevés de quelques pieds, avec des couches alternatives de branchages et de chaux, dans la proportion d'un doigt de chaux pour un pied de profondeur de la couche végétale. On élève le tas de quatre pieds au-dessus du sol ; on le couvre après d'une bonne chemise de terre, et on le mêle au bout de trois mois, et souvent au bout d'un mois même, pour en répandre la poudre sur le champ, si on la trouve suffisamment consommée ; sans cela, on reconstruit le tas, que l'on recouvre d'une nouvelle chemise de terre. Ces sortes de fumiers se nomment COMPOSTS VÉGÉTAUX, et sont aussi fertilisateurs que le terreau des forêts défrichées.

1173. Toute substance organique finit à la longue par devenir terreau ; l'emploi de la chaux abrége la durée de cette décomposition, et lui imprime une marche plus régulière et plus propice.

1174. ARTS TEXTILES. — ROUISSAGE. — La flexibilité du ligneux, surtout à l'état humide, le rend, dans certaines tiges, très-propre à former des liens et des tissus, pour les besoins les plus grossiers du jardinage et de l'emballage. Mais chaque organe vasculaire de la tige étant une tige en miniature (*), il s'ensuit que chaque filament isolé d'une tige peut se prêter aux mêmes mouvements de torsion, et former, par son association avec un plus ou moins grand nombre de ses congénères également isolés, des liens d'une certaine force et d'une bien plus grande flexibilité, qui, sous un grand calibre, prennent le nom de *cordages*, et,

(*) Voy. *Nouveau syst. de physiolog. végét. et de botan.*, § 621.

sous le diamètre d'une fraction de millimètre, celui de *fil*. Il est des poils végétaux assez longs pour remplacer avec avantage, à cause de leur grande flexibilité et de l'uniformité de leur structure, les filaments vasculaires des tiges et des écorces. Les cordages et les fils sont donc des assemblages de filaments vasculaires isolés d'abord d'une tige, et feutrés ensuite par la torsion, que rend durable la dessiccation. Le tissage entrelace ces fils à angles droits en général, pour en faire des tissus, qui prennent le nom de *toiles*, quand les filaments proviennent d'une tige, et celui de *cotonnades*, quand les filaments sont les pilosités d'une surface organique, spécialement les pilosités qui émanent de la surface des graines du cotonnier (planche 2, fig. 16).

En conséquence, il est peu de végétaux que le tissage ne soit en état de mettre à profit, en isolant, par des procédés mécaniques, les filaments vasculaires qui rentrent dans la structure de leur tige. La préférence que les arts textiles donnent à certaines espèces, est due à la facilité avec laquelle leurs filaments s'isolent, à la force et à la pureté du produit isolé. Lorsque ces filaments sont des organes externes, on n'a pas besoin d'extraire, mais seulement de recueillir le produit, et la main-d'œuvre qui précède le tissage se réduit à la cueillette; tel est le coton. Mais il n'en est pas de même, lorsqu'on se propose de tisser les filaments vasculaires étroitement unis, et entre eux et avec les cellules contre lesquelles ils se développent; l'opération devient plus compliquée.

Il est des végétaux chez lesquels ces filaments se désagrégent spontanément; tels sont les rhizomes des *typha* (massette) de nos étangs (993), dont la substance malaxée entre les mains se résout en fécule d'un côté, et de l'autre en filaments d'une grande force, ayant en longueur les dimensions de l'entre-nœud, et en diamètre l'épaisseur d'un fil ordinaire, et l'aspect verni de la *soie grège*.

Il en est d'autres, chez qui la macération isole, non pas les filaments vasculaires, mais les spires qui s'enroulent dans la capacité de ces filaments, et qui donnent au tissage les tissus les plus soyeux. Les tiges des cucurbitacées vraies, abandonnées à leur propre décomposition dans l'eau, pourraient admirablement servir à cet usage; il suffirait de les retirer à temps, et de soumettre à des macérations acidulées et à quelques lavages, la filasse qui survit à la décomposition des tissus ambiants. On voit un produit de ce genre sur la pl. 2, fig. 3 du *Nouveau système de physiologie végétale*.

Chez d'autres plantes, telles que le mûrier à papier et le tilleul, ce sont les couches d'aubier qui, en devenant liber et ensuite écorce, isolent leurs filaments vasculaires en s'aplatissant, et donnent ainsi des lamelles pelliculeuses, qui pourraient au besoin servir de *papyrus*, et qui servent admirablement à tresser des liens ou des cordages.

1175. Chez d'autres plantes, telles que le lin (pl. 2, fig. 17) et le chanvre (pl. 2, fig. 14), ce sont les tubes vasculaires et interstitiaux eux-mêmes qui fournissent les éléments des tissus ouvragés; mais ils ne s'isolent que par l'effet du *rouissage*, c'est-à-dire du séjour des tiges plus ou moins prolongé dans les eaux. Le rouissage a pour but de décomposer tous les tissus de la plante qui se prêtent à la fermentation, d'obtenir ainsi isolés et parfaitement nettoyés tous les organes non fermentescibles; or les parois vasculaires se trouvent dans ce cas. On n'a plus alors qu'à briser les tiges et peigner la filasse, pour la soumettre au *filage* et ensuite au *tissage*. Mais ces diverses opérations offrent de graves inconvénients; le *rouissage* infecte les airs de miasmes; le *peignage* attaque la poitrine des ouvriers. Il est vrai qu'en remplaçant le travail à la main par celui des machines, on éviterait le second de ces graves inconvénients; quant au premier, il appelle toute l'attention des économistes, et il accuse hautement depuis longtemps leur incurie à cet égard, surtout dans les pays où l'eau qui sert aux *routoirs* est destinée à servir d'eau potable. Nous proposons les aperçus suivants à l'expérimentation des localités.

1176. Placez, si vous le pouvez, les *routoirs* sur les hauteurs et au-dessus de l'emplacement des villages et de la ferme; le vent emportera les émanations au-dessus de vos têtes.

1177. Dans les pays de montagnes, construisez des écluses, en barrant le ravin d'un torrent encaissé entre deux crêtes; une simple muraille construite en pisé vous donnera ainsi un vaste routoir, qui ne nuira en rien à la salubrité des villes.

1178. A la fermentation putride, substituez, si vous le pouvez, une tout autre fermentation, la fermentation alcoolique et acétique, par exemple, en mêlant à vos chanvres le marc de vos sucreries ou de vos distilleries, et en abandonnant vos chanvres et vos lins dans une cuve à fermentation à demi pleine de mauvaise mélasse; vous aurez assaini l'air d'autant.

1179. Au lieu de tenir plongées les bottes dans des mares et des ruisseaux, encombrez-en les souterrains humides, les carrières abandonnées et plongées dans l'obscurité; l'humidité de ces lieux produira tout aussi vite la décomposition que l'on

cherche à provoquer dans des eaux stagnantes exposées au soleil; mais les émanations de ces foyers d'infection n'arriveront jamais jusqu'à la surface du sol; et si elles y parvenaient, le rayon solaire en décomposerait tout à coup la nature; car les produits de la décomposition obscure sont d'une tout autre espèce que ceux de la décomposition éclairée, et ne résistent pas au grand jour.

1180. Dans les pays où les préjugés de l'ancien routissage l'emporteront encore, encaissez les routoirs avec de hautes digues ou chaussées en terre, et donnez au courant d'air une direction unique que vous ménagerez vers l'âtre de vos grandes usines, dont ces miasmes activeront la combustion, en se décomposant.

1181. Quoi qu'il en soit, les éléments du *tissage* étant spécialement les organes vasculaires des plantes, et la longueur de ces filaments dépendant de la longueur de la tige, espèce de long entre-nœud dans le sein duquel ils croissent; d'un autre côté, la tige, organe nocturne (*) s'allongeant d'autant plus qu'elle croît dans une plus grande obscurité, il s'ensuit que les plantes textiles doivent être semées dru, et non en lignes espacées. De cette manière, les plants n'ont tous qu'un seul jet qui s'élève haut et ne se ramifie qu'au sommet.

1182. C'est peut-être à l'oubli de cette circonstance, encore plus qu'à la différence du climat, que l'on doit attribuer l'insuccès de la culture en France du *lin* de la Nouvelle-Zélande (*phormium tenax*). Essayez de le semer dru, dans un terrain sablonneux et humide, sur un versant exposé au soleil, et dans le voisinage de la mer, et arrachez la plante, pour la faire *rouir*, à l'époque de la floraison.

1183. Papetesie. — Il n'est pas de plante herbacée, cultivée ou non, qui ne puisse servir à la fabrication du papier; car il n'est pas de plante de ce genre qui ne possède en grande quantité les filaments vasculaires, dont le feutrage forme le tissu du papier. Mais l'emploi de toute espèce de plante n'offre pas la même économie dans la fabrication du papier. L'économie, en effet, consistant à obtenir le plus de produits avec moins de frais d'achat et de fabrication, afin de pouvoir tenir le prix de la vente au meilleur marché possible, il serait absurde de consacrer à la fabrication du papier, des plantes qui servent à des usages ou de première nécessité ou d'une utilité plus générale; il y aurait folie à cultiver, pour faire du papier, des champs qui habituellement produisent de riches récoltes en céréales; il y aurait folie au second degré à cultiver dans ce but un champ d'une qualité bien inférieure. Car les rebuts de toutes nos cultures se transforment plus vite en beau papier, que les substances végétales d'où ils proviennent; les fibrilles que cette fabrication utilise n'ayant besoin ni de la longueur ni de la ténacité que réclame la tissage, il s'ensuit que les tissus usés, les chiffons jetés à la rue, sont la matière première la moins chère que l'industrie puisse consacrer à cette fabrication, et l'usure même n'a fait que les y approprier davantage. Jugez des dépenses qu'il faudrait subir, pour amener la *filasse de chanvre* et *de lin*, au degré de souplesse et de blancheur, que la série des opérations désignées sous le nom de *routissage*, de *peignage*, de *filage*, de *tissage*, de *blanchissage* et de *lessivage*, ont communiquées à la longue aux fibrilles des chiffons de toile que l'on jette au rebut.

Les vieux cordages entrent aussi pour une quantité considérable dans la fabrication du papier; mais ils exigent un blanchiment particulier, ainsi que tous les chiffons de couleur.

Enfin il n'est pas jusqu'à la pulpe des pommes de terre, d'où on a extrait la fécule (1058), et à celle des betteraves, dont on a extrait le sucre, qui ne soient en état de fournir la matière première du papier d'une inférieure qualité, des papiers à carton principalement. L'encollage (1081) produit la cohérence de ce ligneux trop divisé, comme il ajoute à la force du feutrage des fibrilles des chiffons et des cordages.

Méfiez-vous donc des charlatans, qui vous annoncent avec la trompette des brevets d'invention et celle des affiches périodiques, la découverte d'une nouvelle plante propre à la fabrication du papier ordinaire.

1184. Blanchissage des toiles et du papier. — Depuis Berthollet, on a blanchi les tissus végétaux au moyen du chlore : mais tous les fabricants ne paraissent pas fort pénétrés des principes théoriques de ce mode de blanchissage. Le chlore blanchit, en se transformant en acide hydrochlorique, aux dépens de l'eau hygrométrique et de l'hydrogène de certaines substances organiques, puis en se saturant des bases, surtout des oxydes de fer et de manganèse, qui nous paraissent former la base des matières salissantes et colorantes. On conçoit qu'en excès le chlore finirait par s'attaquer à la substance du tissu, après avoir dé-

(*) *Nouv. système de physiologie végét. et de botanique*, § 1263.

pouillé le tissu de ses accessoires et de ses impuretés; cela arriverait si, faute d'être saturé par les bases ou enlevé par les lavages, il séjournait, en qualité d'acide hydrochlorique, autour des fibrilles du tissu. Aussi, dès que son premier effet est produit, il faut laver à grande eau en toute hâte.

Dans les fabriques de papier, on a utilisé dans ce but le chlorure de chaux; et pour activer le dégagement du chlore, on s'est servi souvent de l'acide sulfurique. Il est résulté de cette manipulation, dirigée par des mains inhabiles, des effets si graves, que des cuvées entières de papier sont tombées en poussière, après quelques mois d'exposition dans les magasins, et d'autres après l'impression complète d'un ouvrage; l'imprimeur Rignoux a perdu de la sorte deux ou trois éditions entières qu'il avait en magasin. Les savants qui voulurent expliquer les causes de cet accident à l'Institut (*) se montrèrent pour le moins aussi maladroits que les ouvriers, dont la manipulation était la source de si grands dommages : ils attribuèrent au chlore, un effet dont le chlore était, même dans cette circonstance, en tout point innocent; le blanchiment au chlore, dirigé selon les règles de l'art, ne produit rien de semblable, et aucun de nos meilleurs papiers n'est blanchi autrement (**). C'est l'emploi aveugle de l'acide sulfurique qui avait produit ces ravages; et ce papier, qui s'écaillait et tombait par plaques, comme le papier d'emballage incinéré, répandait une odeur assez prononcée d'acide sulfurique, que l'on prit pour l'odeur du chlore. L'ouvrier chargé de verser l'acide sulfurique dans la pâte mêlée de chlorure, l'avait versé en trop forte dose ou dans un temps inopportun; et il était resté dans la pâte, en grande quantité, de l'acide sulfurique libre, qui n'avait pu se saturer faute de base calcaire. Nous avons dit (945) avec quelle facilité cet acide s'emprisonna dans l'encollage, à l'insu du manipulateur; et l'on doit prévoir avec quelle activité, dans l'atmosphère d'un magasin humide, il a dû travailler sur le papier, à l'insu du marchand de papier et de l'imprimeur. De la substance de tels papiers, on pourrait retirer une certaine quantité de sucre (1162).

1185. Le procédé par l'acide sulfurique est, du reste, basé sur une idée fausse; on s'est imaginé que l'acide sulfurique ne dégageait que du chlore des chlorures; il dégage de l'acide hydrochlorique, qui ronge les tissus, tout autant que du chlore qui est destiné à les blanchir; les papiers ainsi blanchis ne doivent pas tarder à jaunir, et ne sont pas d'une aussi longue durée que les autres.

1186. Laissez là les chlorures, et revenez à l'eau chlorée de Berthollet. Mêlez ensemble vos chlorures avec du manganèse et un peu d'eau, versez ensuite de l'acide sulfurique, faites parvenir le chlore qui se dégage sur la pâte que vous désirez blanchir et qui s'agite pour s'en imprégner, vous blanchirez plus vite et avec moins de danger; ou bien plongez vos chiffons et vos matières premières dans une eau saturée de chlore, lavez dans un bain de potasse, replongez dans l'eau chlorée, et lavez de nouveau dans le bain, puis à grande eau, et le pilon achèvera de laver et de neutraliser la pâte.

1187. HYGROMÉTRICITÉ DES TISSUS VÉGÉTAUX, SES EFFETS SUR LES CORDAGES. — Les fibrilles végétales ont, à se diriger en spirale, la même tendance (***) que montrent les tiges volubiles et les vrilles des végétaux. La dessiccation les tord d'une manière anomale et autour de l'axe de leur cylindre; elle éloigna ainsi leurs tours de spire, et allonge par conséquent la portée du filament. L'humidité ramène à la disposition normale cette tendance à la torsion, et le filament rapproche ses tours de spire en un cylindre plus régulier, et d'un plus grand diamètre, mais d'une longueur moindre d'autant. La dessiccation allonge donc, et l'humidité raccourcit. De là vient que les cordages quand on les mouille se roidissent, et qu'ils se raccourcissent, jusqu'à opérer, par ce seul fait, une traction qui complète souvent et régularise la traction des machines. Chaque petite fibrille tend, sous l'influence de l'humidité, à rapprocher ses tours

(*) Voy. *Bulletin scientifique et industriel de* Réformateur, n° 21, col. 1re, octobre 1834.

(**) Il s'est passé, dans une affaire assez scandaleuse, celle de Horner et Seguin, 14 août 1836, un fait qui devrait enfin faire ouvrir les yeux de nos législateurs sur les vices de nos expertises légales, et sur l'inconvenient de laisser le choix des experts chargés d'éclairer l'instruction, à la police et à l'accusation même. On a vu un chimiste expert venir déclarer, en pleine audience, qu'un billet était l'œuvre d'une falsification, et que la falsification avait été faite, en enlevant l'écriture avec le chlore; il se fondait sur ce que les réactifs et l'odorat décelaient l'existence du chlore dans la substance du papier. Chevalier ignorait évidemment que tous les papiers se blanchissent au chlore; et probablement son odorat l'avait moins servi, en visitant les magasins de papier, qu'à l'audience; car il n'est personne qui n'ait remarqué cette odeur suffocante dans les magasins les mieux aérés. Condamnez ensuite sur de pareils témoignages, alors que la cour s'oppose à les faire débattre contradictoirement!

(***) *Nouveau système de physiologie végétale et de botanique*, § 1231.

de spire, et partant à occuper moins d'espace dans le sens de la longueur.

1188. PROCÉDÉ POUR DISTINGUER D'UN COUP D'OEIL LA NATURE DES ÉLÉMENTS FIBRILLAIRES QUI ENTRENT DANS LA CONTEXTURE D'UNE ÉTOFFE. — Dans une séance de décembre 1827, le ministre d'alors adressa à l'Académie des sciences une missive de la douane, qui demandait un procédé capable de mettre les douaniers à même de distinguer en peu de temps les éléments d'une étoffe faite avec soie et coton, fil et coton, coton et laine, etc. Dans la séance suivante, nous indiquâmes l'emploi d'une simple lentille et d'un micromètre tenu au foyer par une monture convenable, comme le moyen le plus expéditif de résoudre ces petits problèmes de contrebande. En effet, les fibrilles textiles affectent des formes et des dimensions bien différentes, selon leur origine.

1189. Ainsi, les fibrilles de coton (pl. 2, fig. 16), qui sont les poils émanés de la graine (1174), et épuisés de leurs sucs par le développement et la dessiccation, se présentent au microscope comme des rubans diaphanes aplatis, ou plutôt creusés en rigole au milieu et dans le sens de leur longueur, et bordés de deux bourrelets parallèles. Un de leurs bouts est coupé carrément (α), et l'autre se termine en cône obtus (β). Elles varient en largeur autour de $\frac{1}{35}$ de millimètre.

1190. Les fibrilles de chanvre (pl. 2, fig. 14), au contraire, organes vasculaires et interstitiaux, isolés par le roulssage du tissu cellulaire, se présentent comme des tiges souvent articulées, cloisonnées, cylindriques, béantes par leurs deux extrémités, et hérissées çà et là de petits prolongements radiculaires, traces de leur adhérence avec les tissus ambiants; les plus gros atteignent $\frac{1}{25}$ de millimètre.

1191. Les fibrilles de lin (pl. 2, fig. 17), organes analogues, mais beaucoup moins déliés, sont également de longs cylindres cloisonnés de distance en distance, d'un aspect moins rustique que les fibrilles de chanvre, et ne dépassant pas en diamètre $\frac{1}{50}$ de millimètre.

1192. Les fibrilles de soie (pl. 2, fig. 13), produits plutôt qu'organes, proviennent de l'agglutination de deux fils, qui se rencontrent au sortir de deux filières, par lesquelles le ver à soie fait passer cette matière coagulable. Aussi apparaissent-ils au microscope, comme deux cannelures soudées côte à côte. Leur aspect est aussi hyalin que celui des fibrilles de coton, dont, au premier abord, elles offrent l'apparence; mais elles s'en distinguent par leur régularité et l'invariabilité de leurs dimensions; elles ne dépassent pas $\frac{1}{35}$ de millimètre.

1193. Les poils de laine (pl. 2, fig. 15) ne sauraient un instant se confondre avec les fibrilles précédentes : ce sont de gros cylindres, fortement ombrés sur les bords, réticulés sur leur surface par un épiderme analogue à celui des plantes, munis de racines par l'extrémité qui adhérait au cuir, et terminés en cône par l'extrémité opposée, quand ils n'ont été ni coupés carrément, ni fendus longitudinalement. On remarque, dans leur intérieur, une ligne noire, qui indique un canal médullaire rempli d'air ou d'un liquide d'un pouvoir réfringent différent de la substance du poil (734). Ces gros cylindres ont jusqu'à $\frac{1}{3}$ de millimètre de diamètre; les poils noirs affectent souvent des dimensions plus considérables.

1194. Les cheveux (pl. 2, fig. 15 α) offrent le même aspect, les mêmes caractères; mais ils atteignent en moyenne $\frac{1}{12}$ de millimètre. La fig. 15 est dessinée d'après la laine blanche, et la fig. 15 α d'après un cheveu blond (*).

1195. Une fois cette étude achevée (et l'on pourrait au besoin y soumettre un plus grand nombre de substances), il sera aisé de reconnaître avec quel genre de fibrilles, a été tissée l'étoffe soumise à la vérification.

Soit, en effet, une loupe construite, à peu de chose près, sur le modèle de la *loupe de voyage* (430), c'est-à-dire une loupe composée d'un porte-lentille à demeure, et d'un porte-objet en verre, placé à la distance focale de la lentille, qui ne doit pas s'éloigner de trois millimètres du foyer (pl. 4, fig. 11). Que sur le verre du porte-objet, on ait fait tracer une division micrométrique d'un millimètre, divisé en 100 parties égales. On étendra, sur le porte-objet, la plus petite parcelle du tissu soumis à cette étude, de manière que la frange du bord arrive à occuper la moitié du champ visuel de la lentille. On appliquera cette loupe montée contre l'œil, de manière à l'éclairer par la lumière des nuages. Comme chaque fibrille s'étalera sépa-

(*) Toutes ces figures ont été obtenues d'après des fibrilles également plongées sous une nappe d'huile à brûler, et c'est peut-être cette circonstance, qui a rendu plus noir le canal central des fibrilles de laine (734).

rément sur le micromètre, on lira du même coup d'œil, le nombre de divisions du millimètre que chacune d'elles recouvrira. Les fibrilles de laine en occuperont douze environ, les cheveux huit, les fibrilles de chanvre quatre, celles de lin deux, celles de coton et de soie trois. L'aspect et les formes secrassoires de chacune d'elles ajouteront encore à l'évidence de la vérification.

1197. Mais il ne sera pas moins facile d'établir en quelle proportion chacun de ces éléments rentre dans la confection du tissu. Le même micromètre, en effet, servira à mesurer tout aussi bien l'espace occupé par chaque faisceau, que l'espace occupé par chaque fibrille.

1198. Sur cette lettre, l'Académie garda le silence, et l'autorité d'alors ne fut pas plus pressée de réclamer la réponse, que nous de demander un rapport. Notre but n'était que de signaler la supériorité, dans une foule d'applications, des essais microscopiques sur les essais chimiques d'alors; et nous livrâmes la note à l'impression dans la *Bibliothèque physico-économique* de cette année. Nous en avons fait mention dans la première édition de cet ouvrage (p. 118).

1199. Mais en 1837, ces idées si négligées par l'auguste assemblée dix ans auparavant, ont acquis tout à coup une importance académique (1109). Comme la conviction tarde à venir à l'auguste assemblée! mais comme elle y est rapide, quand elle prend le parti d'y venir!

1200. Charpie. — On a observé depuis longtemps que l'emploi des tissus de coton, même les plus blancs, ne pouvait être substitué, sans danger, à celui des tissus de toile, pour faire de la charpie destinée à étancher les plaies. Quelques auteurs ont cru en voir la raison dans la forme des fibrilles de coton, qui, d'après eux, seraient triangulaires et à angles tranchants, et couperaient ainsi les chairs, au lieu de les protéger; et Berzélius a vaincu la répugnance qu'il éprouve à se servir des indications microscopiques, pour adopter cette explication que, à cause de son nom, nous nous garderons bien d'appeler ridicule. Car il est facile de voir que de si petits organes, alors même qu'ils seraient aussi tranchants que l'hypothèse les suppose, auraient été peu nuisibles aux chairs, séparés qu'ils en sont par un caillot de sang et de pus inerte. Mais enfin on s'assure au microscope (1172) que la forme indiquée *à priori* n'est rien moins que celle qu'affectent les fibrilles de coton. Celles-ci sont des tubes aplatis, exactement conformés, avant leur dessiccation, comme tous les poils des graminacées, mais beaucoup plus longs; et la surface en est aussi lisse que le sommet en est obtus. Après la dessiccation, ils se montrent aplatis, parce que s'étant vidés de la substance ineluse, leurs parois se sont accolées l'une contre l'autre, pour former non plus un cylindre, mais un ruban flexible et sans cavité. Il est certain que les fibrilles de chanvre et même du plus pur lin, au contraire, sont rigides, âpres, et souvent aiguës ou en biseau à chacune de leurs extrémités. Sous ce rapport, dans la première manière de concevoir la théorie de la charpie, la charpie de toile devrait être plus nuisible que la charpie de coton. Mais la structure des fibrilles de lin et de chanvre, au contraire, présente une condition favorable à la cicatrisation des plaies, et qui manque absolument sur les fibrilles de coton. Les premières, en effet, sont des cylindres béants, creux et vides, et ouverts à leurs deux extrémités, quand ils cassent entre deux cloisons. Ce sont des tubes d'une capillarité microscopique, éminemment propres à aspirer le sang ou le pus qui s'écoule, à le soustraire à l'action de l'air et de la fermentation putride, et partant à former autour des plaies une atmosphère désinfectante, à la manière des corps poreux et condensateurs, du charbon par exemple. Les fibrilles de coton, au contraire, rubans aplatis et sans cavité (1189), ne sont là que comme un filtre ordinaire, qui donne issue à tout ce qui est liquide, et le transmet ou le retient dans son réseau, avec toutes ses qualités et ses tendances, qui ne s'oppose enfin à aucune des conséquences de l'écoulement, ni à son passage, ni à sa fermentation putride.

1201. Il suit de cette explication, que les tissus les plus usés et les plus souvent blanchis et lavés sont les plus propres à servir de charpie. Car l'usure les a divisés en un plus grand nombre de compartiments, a détruit un plus grand nombre de cloisons, a ouvert un plus grand nombre de fibrilles par les deux extrémités; le lavage a dépouillé l'intérieur de ces cylindres, de plus de substances élaborées par la végétation, il les a rendus plus perméables aux liquides, en les réduisant à la pureté essentielle de leurs parois, et en a poussé la capillarité jusqu'à ses dernières limites.

1202. Ces dernières observations suffiront, pour faire apprécier le mérite d'une innovation de ces dernières années. L'auteur, craignant que les vieux chiffons ne puissent bientôt plus suffire à la confection de la charpie, avait imaginé d'en faire

avec du chanvre roui, qu'il blanchissait au chlore ; il intitulait ce produit *charpie elerge*. Mais en ce point la virginité de la substance est son plus grava défaut ; car jamais le *rouissage* ne communiquera aux fibrilles, les qualités physiques qui lui proviennent de l'usure et des lavages ; cette charpie s'imbibera donc fort peu de sang et de pus, et restera même inférieure à la charpie de coton. Le blanchissage au chlore imprégnera cette charpie d'une quantité de chlore qui ne saurait manquer d'irriter les plaies, et que quelques lavages ne seraient pas dans le cas d'enlever. Aussi à peine a-t-on eu besoin de porter les essais à deux ou trois de nos hôpitaux, pour s'assurer des mauvais effets de cette innovation, d'abord beaucoup prônée de complaisance.

1205. Sous le rapport économique, l'idée de l'auteur n'était pas moins fausse que sous le rapport thérapeutique. Elle ressemblait un peu en effet à celle des économistes, qui cultiveraient le chanvre, pour en faire immédiatement du papier ; ce qui serait vraiment commencer l'industrie par où elle doit finir ; ou bien encore elle ressemblait beaucoup à celle de l'agronome qui ne sèmerait que pour avoir des engrais en vert. Continuez à cultiver le chanvre et le lin pour en faire de la *toile vierge*, et quand celle-ci sera usée à la peine, donnez-nous de la *charpie bien vieille* ; celle-ci n'en vaudra que mieux et elle aura coûté moins cher.

CHARPENTE, TABLETTERIE ET AUTRES ARTS.

1204. L'art du charpentier recherche dans les bois, des qualités diverses, dont les principales se rapportent à la pesanteur, à la ténacité et à l'élasticité. Sous ce triple rapport, tous les bois ne sont pas également propres aux constructions, et la plupart ne sont utiles que dans certaines circonstances. La pratique distingue donc les bois en diverses *essences*, selon leur genre d'utilité. Mais tous les individus d'une essence ne sont pas doués au même degré du genre de caractère qui fait leur mérite. L'âge, le sol et l'exposition font varier les qualités des individus d'une même essence, presque autant que les essences varient entre elles (*).

1205. L'anatomie végétale nous fournit le moyen de nous expliquer la raison de ces différences d'une manière péremptoire. Le tronc d'un arbre n'est qu'un vaste entre-nœud, analogue, comme unité, à la plus courte de ses branches. C'est un agrégat de loges disposées circulairement autour d'un centre médullaire, qui croissent toutes de front, et se développent, en reproduisant leur type dans leurs capacités respectives, et cela par des générations qui s'emboîtent à l'infini, depuis l'époque de la germination, jusqu'à ce que la vie s'éteigne. Chaque cellule engendre également à l'intérieur et à l'extérieur de ses parois. Les cellules intérieures s'arrondissent et se moulent sur la capacité de la cellule maternelle. Les cellules extérieures s'allongent dans les interstices, et ne s'arrêtent, dans leur développement, qu'aux limites de l'entre-nœud lui-même. Mais ici deux cas peuvent se présenter : ou bien la cellule allongée et *vasculaire* s'élancera d'un seul jet et sans se reproduire autour d'elle ; ou bien, dès les premières phases de son développement, elle engendrera autour d'elle des cellules qui engendreront autour d'elles, par le même mécanisme continué à l'infini, c'est-à-dire par des dichotomies incessantes. Dans le premier cas, le tissu général de l'entre-nœud sera lâche et spongieux, fibrilleux en long, pointillé en large, flexible, mais peu résistant ; dans le second cas, au contraire, le tissu, feutré pour ainsi dire par les entrelacements d'organes qui se pressent, offrira un grain aussi serré presque en long qu'en large, quoique pourtant sa force soit principalement en longueur. Mais le dernier de ces deux modes de développement est susceptible de se subdiviser en deux autres, c'est-à-dire que les cellules vasculaires se développeront ou plus rapidement ou bien moins rapidement que les cellules polyèdres et qui s'accroissent ordinairement dans tous les sens. Dans le premier mode, il sera plus serré que dans le second ; et si on l'analyse au microscope, on trouvera qu'il ne se compose en apparence que de vaisseaux béants, toutes les autres cellules ayant été refoulées et aplaties par le développement des cellules vasculaires. Or, comme ce sont ces cellules vasculaires qui renferment les matières gommeuses, résineuses et colorantes, il s'ensuit que le bois sera susceptible d'un poli d'autant plus beau, que la matière qui les remplit durcira plus vite à l'air et subira moins de retrait en séchant. Prenons un exemple dans le sapin, dont les planches sont si généralement employées aux cloisons et aux meubles de peu d'importance. Les vaisseaux du tronc se développent ici dans le sens de la longueur du tronc, et sans se ramifier beaucoup ; ils se pressent tellement qu'ils forment des couches concentriques

(*) Voyez *Nouveau syst. de physiolog. végét. et de botanique*, § 1584.

d'un grain cent fois plus dur que la couche également concentrique de cellules qui alterne avec eux ; ces vaisseaux sont turgescents d'une résine liquide qui s'échappe au dehors, dès qu'on incise le trone ; c'est ainsi qu'on la recueille dans les vastes forêts de pins at de sapins ; mais on observe alors que le bois de ces arbres a perdu de ses qualités caractéristiques ; qu'il est plus phaot, mais moins élastique; plus flexible, mais moins résistant ; et qoe le grain en est plus mou et plus lâche. Quant aux individus de cette essence d'arbres, qu'on a épargnés et destinés à la charpente, on remarque encore que les planches rabotées pleurent bientôt la résine, surtout au soleil ou exposées à une température élevée; leurs vaisseaux béants se vidant et s'épuisent; la substance du bois devient plus poreuse et aocore plus perméable à l'humidité ; ce qui ne contribue pas peu à tourmeoter les planches et à les désassembler.

1206. Tout tronc d'arbre offre, sur une section transversala, quatre couches d'une épaisseur variable, selon les essenees : l'écorce, couche épuisée et de rebut ; l'aubier, couche d'un tissu lâche, et le plus souvent incolore, qu'on enlève par l'équarrissage; les bois, d'un tissu dur et coloré, que les arts emploient exclusivement; et anfin la moelle, qui est pour ainsi dire le centre géométrique du cercla. Les arbres qui ont plus d'aubier que de bois ne sont bons que pour le chauffage.

1207. La différence de grain, qu'on remarque entre les divers bois, vient donc de deux causes principales, et du moda da développement des cellules vasculaires, soit entre elles, soit par rapport anx cellules cellulaires; et ensuite de la nature de la substance qui en emplit la capacité, qui la distend d'une manière durable ou l'abandonne en coulaot, qui la colore enfin de ses mille nuances. Mais la structure spéciale à chaqoe essence se modifie ensuite par d'innombrables dégradations, selon qu'on la cultive de telle ou telle manière, dans tel ou tel sol, à tella ou tella hauteur au-dessus niveau de la mer, enfin sur tel ou tel versant da la colline on de la montagne. Aussi les nombres que l'on a déduits des diverses expériences, auxquelles on s'est livré, dans l'intérêt de l'art de la *charpente*, de *construction*, du *charronnage*, etc., ne doivent être considérés qua comme des moyennes approximatives, qui peuvent servir de base aux prévisions des entrepreneurs, mais qui doivent être soumises à une vérification nouvelle, toutes les fois que l'on change de localité. Nous n'enregistrerons qu'à ce titre les nombres que nous aurons à puiser plus bas, dans les meilleurs auteurs des *Traités de charpente et de construction*, tels que Rondelet, Rennie, Gauthey, Tredgold, etc.

1208. Bois de charpente. — On employait anciennement le chataignier (*castanea vesca*) à la charpente des combles, à cause de sa légèreté et de sa consistance, et surtout parce qu'il est peu sujet à la vermoulure et qu'il ne se tourmente pas : mais il a le défaut de se raboter mal, et de ne point recevoir de poli.

1209. Le chêne blanc (*quercus robur*) doit sa vogue à sa durée, à son élasticité, à sa force, enfin aux dimensions considérables qu'il peut atteindre sur tous les genres de terrain. On dit que le *chêne de Hollande*, qui supporte un plus beau poli que nos chênes ordinaires, n'est que le chêne des Vosges, que les Hollandais nous renvoient, après l'avoir laissé séjourner quelque temps dans les eaux. S'il en est ainsi, le fait est susceptible d'une explication des plus rationnelles, en ce qu'il s'est produit alors un commencement de fossilisation qui a fait pénétrer l'eau dans toutes les lacunes du bois, pour venir y déposer, par incrustation, ses sels calcaires, et en rendre de la sorte le tissu plus homogène at moins poreux.

1210. Le peuplier (*populus alba*) fournit aux échafaudages, des tiges d'un jet assez long et assez droit, et de belles poutres aux constructions; mais il est plus souvent employé, sous ce rapport, dans le midi que dans le nord de la France.

1211. Le pin et le sapin (*pinus abies*) jouissent du privilége de fournir les mâtures et autres pièces des constructions navales, ainsi que les plus fortes poutres de la charpente des bâtiments. Ces arbres résineux, flexibles et résistants, se rabotent bien, ne se polissent pas, et sont sujets à se tourmenter et à se fendre. Le sapin tient, dans le midi de la France, le même rang que le chêne dans le Nord et aux environs de Paris; il fournit toutes les grosses pièces de charpente. Cela vient de ce que les forêts du Nord sont en plaine, où les conacées poussent mal, tandis que, dans le Midi, on ne conserve aux forêts que les montagnes, dont les arbres résineux sont les essences privilégiées.

1212. Le hêtre (*fagus*) ne se conserve que dans l'eau, mais non aux injures de l'air ; il en est de même de l'aune (*Ulnus betula*) ; aussi ces deux sortes de bois ne sont-ils employés avec avantage que dans les pilotis; et l'on dit que les pilotis sur lesquels sont fondées Venise et les villes de la Hollande, n'appartiennent pas à une autre essence qu'à l'aune.

1213. Le frêne (*fraxinus excelsior*), et le

CHARME (*carpinus betulus*) sont quelquefois recherchés en charpente, à cause de leur force et de leurs grandes dimensions.

1214. Bois de menuiserie. — C'est du MERISIER (*cerasus avium*), qu'on a tiré longtemps les planches des meubles de la petite propriété; la couleur rougeâtre, qu'on rendait durable par l'addition d'une teinte de la même couleur, la dureté de son grain, et la facilité qu'il offrait au rabot pour les assemblages, lui donnaient les qualités d'un acajou indigène. Il a été détrôné par le noyer (*juglans regia*), qui, à des veines plus *ronceuses*, joint la propriété de donner un plus beau poli, et d'imiter, par le vernis coloré, les placages d'un bel acajou exposé depuis longtemps à l'air; et comme le prix de ce bois permet de l'employer massif et sans placage, le luxe l'a préféré quelque temps, pour meubles d'ornement, à l'acajou même. Le noyer noir est moins sujet aux vers que le noyer blanc. Le noyer noir ne s'emploie presque jamais massif, mais en placage; c'est celui qui offre les veinages les plus jolis; le placage le garantit du ver qui l'attaque, protégé qu'il est alors contre ses ravages, par le vernis d'un côté, et par le chêne qu'il plaque de l'autre.

Les planches de SAPIN, d'un travail facile et large, sont d'un grain trop poreux et d'une nature trop attaquable par les vers, pour servir à d'autres usages qu'aux cloisons et aux coffres et meubles de peu de prix; il se déjette facilement, et détruit en peu de temps toutes les proportions de l'ouvrage.

1215. Les layetiers emploient l'AUNE, le BOULEAU et le NOISETIER (*corylus avellana*) à des boîtes et coffres d'emballage. Les menuisiers ont recours encore au MARRONNIER (*æsculus hippocastanum*), dont la réputation ne date pas de fort loin; au FRÊNE (*fraxinus excelsior*), à cause de son grain dur, veiné de noir, et de sa compacité; à l'ÉRABLE (*acer pseudoplatanus et platanoïdes*), etc.

1216. Bois d'ébénisterie, ou bois servant aux placages. — L'ACAJOU et l'ÉBÈNE sont les deux arbres exotiques qui, sous ce rapport, n'ont été encore détrônés par aucun arbre indigène. Le NOYER approche de l'acajou; le FAUX ÉBÉNIER (*cytisus laburnum*), le CORMIER, autrement SORBIER (*sorbus domestica*) semblent donner les effets de l'ébène, mais comme des imitateurs qui suivent de loin le modèle. Parmi les bois exotiques les plus recherchés pour le placage, se rangent le palissandre, le bois d'amboine, le bois de citron, le calliatour, le bois d'angica, le courbari, l'amaranthe. Cependant l'art et le talent d'observation de l'artiste peuvent tirer de grands partis de la plupart de nos bois, même communs, en utilisant, pour les placages, les loupes et les collets de nos troncs. Une loupe, en effet, est une espèce de réservoir de végétation, où les organes doués de beaucoup d'énergie ne peuvent la dépenser que dans un espace fort circonscrit, où tout pullule et rien ne se développe, où tout croît mais se presse, se comprime et s'enlace, où enfin, faute de place, il n'existe pas la moindre lacune inoccupée; d'où il advient que les plaques qu'on en tire sont compactes comme de l'ébène, veinées comme du marbre, et susceptibles d'un aussi beau poli. Nos ébénistes ont tiré un grand parti des loupes de peuplier, d'aune, de chêne, surtout du chêne de Russie, d'orme tortillard, des planches du houx, de l'if et du noyer, et surtout de l'érable. Il est certains bois, dont on obtiendrait de magnifiques loupes pour placage, en tourmentant leur développement de diverses manières, et en retranchant toutes les pousses nouvelles après la chute des feuilles, de manière que le bois tous les ans en fût réduit au même tronc.

1217. Bois de tabletterie. — Le tabletier plaque aussi, mais il est plus souvent tourneur, et il ne tourne que des petits objets de luxe ou de fantaisie. Le buis est son acajou; car c'est le bois le plus compacte, qui supporte le travail le plus grêle et le plus délicat, dont le poli est le moins emprunté, et qui se passe le mieux d'un vernis ordinaire. Pour obtenir de bonnes loupes de buis, on enlève les branches à la partie supérieure du buis, et on la passe dans des douilles en fer espacées entre elles, de la grandeur que l'on veut donner à la loupe; la branche ne se développe chaque année en largeur qu'entre les douilles, et forme ainsi de belles loupes. Le HOUX (*ilex aquifolium*) sert à faire les carreaux blancs des damiers et échiquiers; l'IF à faire les T et les pièces carrées, les manches de canifs et grattoirs. L'YEUSE (*quercus ilex*) donne des loupes qui rivalisent au tour avec le buis; mais elles sont rares, parce qu'elles sont naturelles. L'OLIVIER (*olea vivens*) est le bois qui, par sa couleur, la dureté et le poli de son grain, approche le plus du buis.

1218. Bois de charronnage. — Nous ne connaissons pas sous ce rapport de bois préférable à l'YEUSE ou chêne vert (*quercus ilex*); mais il faut

le prendre dans les terrains caillouteux du midi de la France. Rien n'égale le poli et la dureté de ce bois, ni sa résistance au travail de la chaleur et de l'humidité. C'est avec cet arbre qu'on fait les meilleures pièces des fortes charrues, et les plus beaux manches des plus lourds instruments. L'ORME le remplace dans le nord de la France, mais ne l'égale pas; il se rabote mal, n'acquiert pas de poli, et sert peu à faire les pièces que l'on doit manier; on préfère alors le FRÊNE, avec lequel on fabrique des chaises, des échelles, des brancards, des manches de marteau, etc. Avec le CHARME, le CORNIER et l'ALISIER, ont fait les rabots, les varlopes, des vis, des mandrins. Le TILLEUL (*tilia europæa*) et le NOYER sont spécialement employés par les sculpteurs; le MAÏSIER par les tourneurs de chaises.

1219. BOIS DE CHAUFFAGE. — On consacre au chauffage les bois que leur nature ou leur jeune âge rend impropres à tout autre usage, c'est-à-dire ceux chez qui le tissu est trop lâche et l'aubier plus considérable que le bois. Les bois taillis n'ont presque pas d'autre destination. Dans certaines contrées, c'est le hêtre qu'on préfère pour le chauffage; dans d'autres, c'est le chêne, ce qui tient à l'influence du sol et de l'exposition sur la nature de ces arbres.

1220. DÉFECTUOSITÉS DU BOIS. — Les meilleures essences d'arbres sont sujettes à des accidents qui en altèrent la pureté et la solidité. Chez les uns, c'est une solution de continuité qui a provoqué la formation d'un ulcère (1146), lequel a creusé le tronc en forme de gouttière ou de cavité. Chez les autres, un corps étranger introduit dans la substance de l'aubier a fini par y être enveloppé, à la suite de l'accroissement progressif des couches annuelles. Il en est de même des branches mortes ou *chicots*, qui, si on n'a pas soin de les retrancher jusqu'au vif, sont bientôt emprisonnées, comme tout autant de corps étrangers, dans la substance du tronc même. Chez d'autres, un ver, en se logeant sur un point de la circonférence, a frappé de mort toute une loge longitudinale (1103) du tronc, depuis la couronne jusqu'au collet de l'arbre. Chez d'autres, un abaissement subit de température a désorganisé les loges de tout un côté, les a desséchées pour ainsi dire sur place, en sorte que cette portion paralysée s'enveloppe, comme un corps inerte et étranger, des couches qui s'organisent, et donne au bois débilité le caractère qu'on désigne sous le nom de *gélivure*, *engélivure*, et *bois gélifs*, le pire des bois pour tous les usages. Enfin, par l'exposition à l'air humide, ou le séjour prolongé au-dessus de l'eau, tous bois s'épuise à la longue des sucs gommo-résineux qui, en distendant les interstices et les vaisseaux, prêtaient aux surfaces le poli et la compacité qui font le mérite de certaines essences d'arbres: l'humidité, en effet, sert de dissolvant à l'oxygène de l'air, qui vient produire des acides aux dépens du ligneux ou des résines, et rend ainsi celles-ci solubles dans l'eau, qui lave le bois. Ce bois flotté brûle moins et fournit moins de charbon que l'autre. Il n'en est pas de même, au moins pour certaines essences, du bois qui reste plongé dans l'eau à une grande profondeur; la nappe d'eau qui le recouvre le préserve de l'influence de l'air; et les sels qui s'infiltrent dans les interstices de son tissu s'y incrustent comme des éléments du tissu même, et ajoutent encore à sa compacité; c'est alors un excellent bois de pilotis.

1211. DIMENSIONS QUE PEUVENT ATTEINDRE EN MOYENNE LES DIVERSES ESSENCES D'ARBRES. — Ces dimensions varient à l'infini, selon le terrain, toutes choses égales d'ailleurs; cependant, en prenant des moyennes sur un grand nombre d'individus venus dans le terrain le plus favorable à leur croissance, Hassenfratz et Rondelet se sont arrêtés aux nombres suivants, pour les troncs d'arbres appartenant aux essences suivantes (*):

	LONGUEUR du TRONC.	DIAMÈTRE du TRONC.
Sapin.	8 à 30 mètres.	1,20 mètre.
Mélèze.		1,00
Peuplier.	6 à 20	0,81
Pin.	5 à 20	0,87
Platane.	4 à 15	0,92
Chêne, orme . .		0,80
Bouleau, aune. .		0,75
Hêtre, alisier. .		0,72
Tilleul.		0,66
Frêne.		0,60
Saule.		0,30

(*) Dans l'aménagement des bois et forêts, on distingue les *bois taillis*, les *bois de demi-futaie*, et les *bois de haute-futaie*. Les premiers se coupent de 20 à 25 ans pour le chauffage ou ouvrages de petites dimensions; les seconds s'abattent de 40 à 80 ans; enfin la coupe des troisièmes, auxquels se rapportent les nombres de la table, peut être reculée, avec un immense avantage, dans les bons terrains, jusqu'à l'âge de 150 ans.

	HAUTEUR du TRONC.	DIAMÈTRE du TRONC.
Marronnier. . .	4 à 15 mètres.	0,92 mètre.
Châtaignier. . .		0,72
Erable.	3 à 15	0,72
Cormier.	4 à 12	0,45
Acacia.	4 à 8	0,49
Charme.	3 à 7	
Merisier.		0,54
Pêcher.		
Sorbier.		
Mûrier.		0,42
Poirier sauvage.		0,36
Pommier idem.	2 à 6	0,33
Noyer.	2 à 5	0,93

1222. Mais ces nombres ne se rapportent qu'à l'époque à laquelle ces bois sont abattus en France pour servir à la charpente; car l'accroissement du tronc en diamètre est indéfini, si aucun accident ne vient en arrêter la marche. Il nous suffira ici de citer le poirier d'Oxford, dont le tronc avait 18 pieds de circonférence, le tilleul de Neustadt dont le tronc a 37 pieds *idem*, le châtaignier enfin du mont Etna dont le tronc a 100 pieds de circonférence. D'après Adanson, qui prit ces mesures sur les ormes du Cours-la-Reine abattus en 1758, le diamètre du tronc de l'orme, dans un sol analogue, est de 2 pouces à 7 ans, de 4 pouces à 12 ans, de 6 pouces à 18 ans, de 8 pouces à 18 ans, de 10 pouces à 22 ans, de 12 pouces à 27 ans, de 14 pouces à 32 ans, de 16 pouces à 42 ans, de 18 pouces à 57 ans, de 20 pouces à 72 ans, de 22 pouces à 87 ans, de 24 pouces à 100 ans; mais ces nombres changent dans chaque espèce de terrain.

1223. POIDS EN KILOGRAMMES DU MÈTRE CUBE DE CHAQUE ESSENCE DE NOS BOIS, OU PESANTEUR SPÉCIFIQUE DE CES BOIS :

Chêne.	764 à 994
Alisier.	792 à 967
Cormier, sorbier.	659 à 910
Mûrier.	626 à 887
Hêtre.	640 à 850
Frêne.	725 à 850
Pin.	554 à 815
Mélèze.	500 à 812
Aune.	510 à 806
Pommier.	691 à 793
Charme.	737 à 783
Châtaignier.	588 à 782
Poirier sauvage.	661 à 759
Erable.	633 à 755
Orme.	597 à 742
Merisier.	597 à 714
Bouleau.	688 à 714
Acacia.	650 à 702
Tilleul.	434 à 686
Noyer.	650 à 682
Marronnier.	475 à 679
Saule.	320 à 585
Peuplier.	346 à 557
Sapin.	436 à 550
Platane.	456 à 538

1224. RÉSISTANCE DU BOIS. Une pièce de bois peut avoir à supporter une charge qui pèse sur elle, soit perpendiculairement et sur son axe, soit horizontalement sur une de ses extrémités; ou bien qui la tire comme un pendule, soit dans le sens de la longueur, soit dans le sens de la torsion. On a cherché à évaluer par l'expérience directe, sous ces divers rapports, la résistance des espèces de bois le plus généralement employées à la charpente. Mais il est évident que la chiffre variera à l'infini, pour la même essence d'arbres, selon l'âge de l'individu, le sol où il a crû, l'exposition où il s'est desséché, enfin selon les accidents qui ont pu frapper les diverses phases de son accroissement. Il est donc prudent, avant d'en faire usage dans les grandes constructions, de soumettre à une expérience spéciale le bois qu'on a amené sur le chantier; on ne s'exposera pas ainsi à des mécomptes, dont les conséquences pourraient devenir désastreuses. C'est ici que les expériences en petit ne sont nullement capables de représenter les effets en grand; et il serait en physiologie absurde de conclure proportionnellement, de ce qu'un fragment de quelques pouces a pu supporter tel poids, qu'un fragment du double d'épaisseur ne puisse supporter que le double de poids, et *à fortiori* il serait absurde de faire l'application des chiffres obtenus sur les fragments d'une tige, à la force de la tige entière. Une fois détaché du tronc, le fragment de bois a perdu la plus grande partie de sa cohésion; car il n'est plus qu'une fraction de l'unité en qui résidait la force; il n'est plus que la clef de la voûte détachée du cintre, et désormais sans point d'appui. L'anatomie va mettre cette proposition dans toute son évidence. Le tronc, avons-nous dit, est un agrégat de cellules disposées autour d'un axe vertical, et contenues dans une plus grande cellule qui les lie et en forme un seul tout. Chacune de ces cellules est feutrée de vaisseaux qui s'anastomosent à l'infini, de la base jusqu'au sommet, et qui ser-

vent d'arcs-boutants aux différents systèmes ; un tronc enfin est un arbre, dont tous les rameaux seraient rapprochés, agglutinés entre eux et sans lacune, par une écorce qui leur servirait d'enveloppe ; tranchez, à la base et au sommet, cette enveloppe qui forme le faisceau, et vous détruirez déjà la force de cohésion des grandes cellules, dans le sens de la longueur. Écorcez cette enveloppe, enlevez-en toute la périphérie, et vous aurez détruit la force de cohésion des cellules rayonnantes dans le sens du diamètre. Il faudra dès lors un poids bien moins lourd qu'auparavant, pour les séparer par l'extension ou l'écrasement. Que si, ensuite, le fragment que vous essayez est pris dans le sens du diamètre du tronc, il est évident qu'il opposera à la charge une moindre résistance que s'il a été pris dans le sens de la longueur ; car, dans le sens de la longueur, le fragment pourra être une unité du 2e, du 3e, et même du 4e ordre, une des cellules de 2e, de 3e et de 4e formation, qui dès lors sera à son tour, sous ce rapport, un tronc en miniature. Qui ne sait qu'une tranche transversale d'un tronc quelconque oppose mille fois moins de résistance qu'une coupe longitudinale de même calibre ? Un exemple mettra la théorie à la portée de tout le monde. Le tronc le plus gigantesque n'est pas organisé sur un autre type qu'un fruit à plusieurs loges, qu'une orange enfin. Or, oserait-on jamais appliquer proportionnellement à la totalité de l'orange ce que l'expérience aurait appris sur la résistance d'une cuisse isolée du fruit, et à celle-ci ce que l'on aurait constaté sur la résistance de l'un de ses fragments déchirés? On n'en aurait pas même la pensée. Ainsi donc, ne cherchez pas à transformer en règles générales les nombres fournis par les expériences de ce genre, à moins que vous ne procédiez en tenant compte des circonstances ci-dessus; ce n'est pas à d'autres causes qu'il faut attribuer les divergences que l'on remarque entre les expériences entreprises dans ce but par Rondelet, Tredgold, Borow, Duhamel, Belidor et Buffon ; les nombres publiés par ces auteurs ne doivent être consultés que comme renseignements, et comme des évaluations infiniment approximatives. Suivant Rondelet, le chêne supporterait facilement 462 kil. par centimètre carré ; suivant Rennie, le chêne d'Angleterre serait écrasé sous une charge de 271 kil. par centimètre carré ; suivant Gauthey, le chêne supporte 160 kil. par centimètre carré, sur une surface parallèle aux fibres, et 200 kil. sur une surface perpendiculaire aux fibres. Tredgold admet que la charge que peut supporter le chêne ne dépasse pas 100 kil. par centimètre carré, si la face est parallèle aux fibres. Rapports : 462, 271, 160, 100. Établissez ensuite des applications sur de tels nombres.

1225. Il faut admettre en principe que la force de cohésion du bois augmente, non-seulement dans la même progression que la longueur et le diamètre de la pièce, mais surtout d'autant plus que la tige, d'où provient la pièce, a le moins perdu par l'équarrissage ; en sorte que les poteaux provenant de tiges simplement écorcées, auraient une force bien supérieure aux poteaux de même longueur et de même diamètre, que la scie aurait détachés d'un tronc ; par la même raison que, dans toute espèce de tissu, l'unité a plus de cohésion qu'une fraction du même calibre.

CINQUIÈME GENRE.

TISSU GLUTINEUX (1074).

1226. Lorsqu'on malaxe, sous un petit filet d'eau, un morceau de pâte de farine de froment, la fécule est entraînée par l'eau, et il reste entre les mains une masse blanche ou plutôt plus ou moins grisâtre, très-élastique lorsqu'elle est humectée d'eau, et susceptible alors de se tirer en longs filaments qui se retirent sur eux-mêmes en cassant ; solide par la dessiccation à l'air sec ou par son séjour dans l'alcool et par son contact avec l'acide sulfurique ; insoluble dans l'eau, mais soluble au moins en partie dans l'ammoniaque, l'acide acétique et même l'acide hydrochlorique. Cette substance donne, à la cornue, une grande quantité de produits ammoniacaux.

§ I. *Organisation du tissu glutineux* (*).

1227. Les caractères physiques du gluten étant constatés en grand, il est évident que la portion du grain de froment qui offrira ces caractères, même au microscope, ne pourra être que la région du gluten lui-même (**).

(*) *Mém. sur l'hordéine et le gluten*, tom. XVI des *Mém. du Muséum d'hist. nat.*, 1827. — *Annales des sciences d'observat.*, tom. III, pag. 396, 1829.

(**) Depuis Beccari, à qui nous devons la découverte du gluten, un seul auteur a eu la pensée de chercher l'analogie et la région du gluten; mais l'esprit qui présidait alors aux observations microscopiques finissait toujours par convertir en simples vétilités les intentions les plus sages; quand on sera tu les

1228. Pour parvenir à la solution de la question que nous cherchons à résoudre, il faut d'abord se faire une idée générale de l'anatomie d'un grain de céréale (pl. 7). Par une coupe longitudinale (fig. 1 et 2), on s'assure que l'embryon (*b*) est appliqué immédiatement au-dessous d'une large empreinte en écusson que l'on remarque à la base de la surface convexe de la graine; que cet embryon est entouré, à l'exception de sa face antérieure, par un périsperme blanc (*d*); que ce périsperme occupe toute la capacité du péricarpe rougeâtre et résineux (*a*).

1229. Or, si l'on pratique des coupes transversales sur toute l'étendue du périsperme (*d*), on peut facilement constater que le gluten existe dans toute cette substance blanche et farineuse. Car en humectant d'une goutte d'eau ces tranches diverses, on parvient, à l'aide de deux pointes d'aiguille, à les malaxer pour ainsi dire; la substance se tiraille, se déchire, en répandant des flots de grains de fécule, s'attache d'un côté au porte-objet, et de l'autre à l'extrémité des deux pointes, sous forme de filaments fibrineux.

1230. Dans l'alcool, chacune de ces tranches reste cassante; dans l'ammoniaque, l'acide hydrochlorique et dans l'acide acétique, au contraire, elle se ramollit et se dissout en partie; car il faut tenir compte, dans cette expérience, de l'amidon qu'emprisonna le gluten. Il est inutile de faire observer que ces expériences doivent être faites entre les lames de verre, dont l'une est creusée par une cavité ou segment de sphère, et dont l'autre glisse sur celle-ci à frottement (486).

1231. Il est encore à propos de rappeler que, dans les expériences en grand, on constate la solubilité du gluten dans les menstrues dont nous venons de parler, par le moyen de la chaleur; il faudra donc, dans les expériences microscopiques, compenser par la durée le chaleur qu'on ne peut pas employer.

1232. On ne rencontre, ni dans le tissu de l'embryon (*b*), ni dans celui du péricarpe (*a*), rien qui ressemble, même grossièrement, au gluten. En conséquence, le gluten, de même que l'amidon, réside dans cette substance qui, à l'œil nu, est blanche et farineuse, et que l'on nomme périsperme (*d*).

1233. La région qu'occupe le gluten dans la graine étant une fois déterminée d'une manière précise par les réactifs et la dissection, il reste à découvrir le rôle que cette substance y joue.

1234. Si l'on place sur le porte-objet du microscope une tranche, soit transversale, soit longitudinale, mais toujours très-mince du périsperme du blé (*d*, fig. 3 et 4, pl. 7), on n'aperçoit, dans sa substance, rien qui annonce d'une manière sensible, qu'on a sous les yeux un tissu cellulaire végétal, même après qu'on l'a humecté d'eau. Cependant on remarque que les grains de fécule restent groupés en paquets séparés par des intervalles diaphanes, comme ils le sont dans le sein des cellules du ligneux de la pomme de terre; seulement ici, nulle ligne double n'indique le point où les parois des deux cellules contiguës s'agglutinent; et pourtant le gluten insoluble dans l'eau doit se trouver là, avec des caractères visibles. On le trouva en effet, enveloppant et liant entre eux les paquets de grains de fécule, quand on entreprend de le malaxer à l'aide de deux pointes. Si on ne l'aperçoit pas, cela vient uniquement, ainsi que nous l'avons dit dans un autre endroit, cela vient, dis-je, de la grande transparence des parois des tissus organiques, et surtout des tissus glutineux, qui fait qu'on n'en découvre la présence que par les plis et rides, que quelque accident peut déterminer sur leur surface, et surtout par les vaisseaux qui se forment dans l'interstice des cellules. Mais l'analogie indique que la fécule, que nous avons toujours vue se former dans les cellules, que leur rigidité nous a permis d'apprécier, doit se former aussi dans des cellules chez les céréales. Or, la seule substance dans ces graines qui ait des rapports avec un tissu, c'est le gluten. On est donc en droit d'établir d'avance, que le gluten est tout aussi bien organisé que le ligneux.

1235. Or, c'est ce qu'on peut observer directement sur le périsperme de l'orge (fig. 1, *d*, pl. 7). Si l'on pratique sur cette substance une coupe longitudinale, non par trop mince, et qu'on la place à sec sur le porte-objet, on ne manquera pas de rencontrer des occasions favorables pour reconnaître que le périsperme se compose de grandes cellules allongées, à face hexagonale, et affectant $\frac{1}{7}$ de millimètre en longueur sur $\frac{1}{20}$

résultats contenus dans cet article, on ne se rappellera pas, sans une espèce de surprise, que Parmentier ait cru découvrir au microscope, que *le gluten ressemblait dans beaucoup de points au son, et qu'il n'occupait pas d'autre région que l'écorce de la graine*. Au reste, malgré les taches qui déparent ce travail, il n'est pas moins vrai qu'il renferme quelques bonnes idées. Nous y renvoyons même le lecteur pour la partie historique, qui est très-complète jusqu'à l'époque où l'auteur écrivait. (Parmentier, *Recréat. phys. et chimiq. de Model* tom II, pag. 483.)

en largeur (fig. 3). On remarque en même temps que les grains de fécule remplissent la capacité de chacune de ces cellules; et si l'on cherche à malaxer avec deux pointes d'aiguilles, on se convaincra que les parois de ces cellules jouissent exclusivement des propriétés du gluten. Nous avons, du reste, déjà donné un exemple frappant de la manière dont ces cellules se désagrégent et s'isolent, par le retrait de la dessiccation (1035).

1236. En pratiquant, au contraire, des coupes transversales du périsperme, on est loin d'obtenir des résultats aussi satisfaisants, parce que la coupe ne pouvant intéresser qu'une petite fraction de la longueur de la cellule glutineuse, les parois si minces, si peu susceptibles d'être appréciées, d'une cellule végétale, se trouvent alors placées de champ, et n'offrent que leur tranchant à l'œil de l'observateur. D'un autre côté, les gros grains de fécule, encombrant toute la capacité des mailles de ce réseau, achèvent d'en rendre le tissu inaperçevable. Par des coupes longitudinales, on voit la couche des cellules de face; et, à la faveur de la transparence des interstices qui les séparent les unes des autres, il est facile d'en reconnaître les contours et d'en mesurer le diamètre. On doit pourtant s'attendre à ce que les contours de ces cellules si élastiques, si faciles à se déformer, et dont les interstices ne sont infiltrés d'aucune parcelle de substance verte, ne seront jamais aussi nettement dessinés que les contours des autres tissus végétaux.

1237. Il est donc démontré que le gluten est le tissu cellulaire (1103) du périsperme des céréales, et que par conséquent il doit jouer le même rôle dans tous les organes où on en trouve des traces.

§ II. *Différences physiques du gluten selon les espèces de céréales.*

1238. Si le gluten n'est pas le tissu cellulaire des céréales, d'où vient que, parmi les céréales, les unes fournissent du gluten à la malaxation, et les autres n'en offrent pas la moindre trace? Cette objection, qui au premier coup d'œil paraît spécieuse, est susceptible de recevoir l'explication la plus simple : les tissus végétaux varient à l'infini, sous le rapport de leur élasticité; les tissus les plus ligneux ont commencé par être élastiques et glutineux, et ils ont passé insensiblement par tous les intermédiaires de ces deux états extrêmes. Nous expliquerons, dans la dernière classe, la théorie de ce passage de l'état glutineux à l'état solide et ligneux; ce sera lorsque nous aurons à nous occuper du rôle que jouent les sels, dans l'organisation des tissus organiques. Il me suffira aujourd'hui de faire l'application du fait lui-même, à l'anomalie que présentent les analyses des céréales, sous le rapport du gluten.

1239. On sait que le grain de froment fournit en abondance du gluten (10 à 12 sur 100), que l'orge en fournit fort peu (3 sur 100). Cependant il est facile de s'assurer au microscope (1190), que le gluten joue dans le froment le même rôle que le tissu cellulaire de l'orge; la seule différence, c'est que dans le premier, les parois des cellules sont élastiques, et que dans l'autre elles sont cassantes; que dis-je! dans le même grain d'orge on trouve des couches de cellules glutineuses, élastiques et susceptibles par la malaxation de ressouder leurs bords déchirés, tandis que les couches voisines se refusent par leur rigidité à ce genre de rapprochement; les premières occupent de préférence le centre du grain, et les autres sont placées vers la périphérie.

1240. On sait encore, par les expériences de Beccari, que la même espèce de céréales peut offrir ou refuser du gluten à la malaxation, selon la nature du sol et la diversité des expositions de la récolte. On sait, d'un autre côté, combien ces deux espèces d'agents naturels influent sur la nature et sur les modifications des tissus; il ne devra donc plus paraître étonnant que le gluten, qui reste le même à l'observation microscopique, paraisse et disparaisse tour à tour dans l'analyse en grand. C'est ainsi que l'avoine (*avena sativa*) posséda du gluten dans un pays, et semble en être privée dans une autre (1014).

1241. Mais une circonstance frappante, qui vient encore à l'appui de ce que nous avons à établir dans ce paragraphe, c'est que, toutes les fois que le gluten d'une céréale ne se présente pas dans la malaxation sous forme de gluten, on est sûr de le retrouver, dans le cours de la manipulation, sous forme d'albumine végétale. Davy trouve 6 pour 100 de gluten dans la farine d'avoine, tandis que Vogel, au lieu de gluten, y rencontre 4,30 pour 100 d'albumine.

1242. Pour jeter un plus grand jour encore sur ce double phénomène, il est bon de chercher à reconnaître, à l'aide de quel mécanisme le gluten manifeste sa présence dans l'acte de la manipulation. Quand on fait rouler dans l'eau, au foyer du microscope, les divers éléments de la farine de froment que la mouture a confondus, on voit les parcelles blanches, minces et extrêmement dia-

phanes des cellules glutineuses se rencontrer par les faces de leurs parois, sans s'associer. Mais dès qu'un mouvement un peu brusque les rapproche par leurs bords déchirés, dès ce moment ces parcelles isolées se soudent, et on les voit rouler de compagnie dans le liquide. Le même effet se reproduit en grand : soient deux masses de gluten obtenues isolément par la malaxation ; si l'on cherche à les réunir par le simple contact, elles ne contractent aucune adhérence ; mais si l'on pratique une entaille dans l'épaisseur de chacune d'elles et qu'on mette ensuite en contact ces deux solutions de continuité, le moindre effort suffira pour opérer l'association des deux masses.

1243. Le but de la malaxation est donc de presser les unes contre les autres les parcelles glutineuses de la farine, par leurs bords déchirés. Aussi la quantité de gluten variera-t-elle, selon qu'on malaxera de telle ou de telle manière. Ainsi Beccari, qui se contentait de déposer la farine sur un tamis, et de la tenir, sans autre mouvement, sous un filet d'eau, obtenait moins de gluten que Kessel-Meyer, qui avait soin de former d'abord une pâte avec la farine, et de la pétrir continuellement sous le filet d'eau, jusqu'à ce que l'eau ne passât plus laiteuse. Dans le premier procédé, le poids de l'eau qui tombe rapproche quelques parcelles, mais en éloigne, en isole ou en désagrége un plus grand nombre, qui passent en conséquence à travers le tamis. Dans le second procédé, au contraire, la main comprime, roule en tous sens, rapproche par tous les points de contact les parcelles éparses, et ne permet à l'eau d'emporter PRESQUE que les grains arrondis et glissants d'amidon. J'ai même constaté qu'en employant ce deuxième procédé on obtenait plus ou moins de gluten, selon que l'on pressait la pâte de telle ou telle manière. Ainsi, quand on se contente de presser perpendiculairement la pâte, on en perd une bien plus grande quantité, que lorsqu'on la roule sur elle-même avec effort.

1244. Mais à sec, ces parcelles de farine sont incapables de se ressouder ; c'est en s'imbibant d'eau qu'elles reprennent leur élasticité (*). Or, de même que les tissus des jeunes plantes sont plus propres à s'imbiber d'eau que les tissus des plantes âgées, de même il arrive que le tissu glutineux d'une céréale est plus disposé à s'associer les molécules d'eau et à revêtir des formes élastiques, que le tissu glutineux d'une autre espèce de la même famille. Nous dirons alors, dans les expériences en grand, que l'une renferme du gluten et que l'autre n'en offre pas de trace.

1245. Cependant, d'un autre côté, de même que le tégument de la fécule, qui ne se combine avec aucune molécule d'eau à froid (916), est susceptible de s'en assimiler une grande quantité à chaud et de s'étendre dans le liquide ; de même il arrive que tel tissu cellulaire d'une céréale (*gluten*), qui refuse à froid de s'imbiber d'assez d'eau pour devenir élastique et glutineux, s'en imbibe au contraire considérablement à chaud, et recouvre par l'élévation de température la propriété de souder ses parcelles par les bords déchirés, propriété que tel autre gluten possède à froid. Alors les mouvements de l'ébullition favorisant cette association nouvelle, le tissu cellulaire, qui avait refusé de paraître sous la forme de gluten, apparaîtra au chimiste sous celle d'*albumine végétale*, qui monte à la surface du liquide.

1246. Le gluten n'est pas tellement affecté à la graine des céréales, qu'on n'en trouve quelques traces dans beaucoup d'autres plantes : les pétales, les bulbes, les tissus jeunes et verdâtres, et, ainsi que nous le verrons plus tard, le pollen lui-même, en renferment des quantités suffisamment appréciables, quoique avec des variations accidentelles d'élasticité et de consistance.

§ III. *Rôle de l'azote dans la composition élémentaire du gluten* (**).

1247. Une nouvelle objection se présente contre ce que nous venons d'établir dans le précédent paragraphe. Si le gluten n'est qu'un tissu cellulaire, susceptible, dans certains végétaux, de devenir ligneux, comment se fait-il que ce gluten soit si fortement azoté, tandis que le ligneux l'est si peu ; que le gluten enfin soit, par toutes ses propriétés, une *substance animale*, pour me servir d'une expression familière à l'ancienne chimie organique ? Et comment un tissu animal élabore-t-il dans son sein des globules privés d'azote, comme le sont les globules d'amidon ?

Cette difficulté ne tire sa force que de l'idée que nous nous sommes formée du rôle que joue l'azote, dans la combinaison des tissus azotés. Parce que

(*) Les phénomènes que présente le gluten, dans l'acte de la malaxation, ne diffèrent donc pas des phénomènes que présente la gomme élastique (caoutchouc), dont on ne peut agglutiner les lam-beaux, que par leurs bords rafraîchis à l'aide d'une lame tranchante.

(**) *Mémoire sur les tissus organiques*, § 31, tome III des *Mémoires de la Société d'histoire naturelle* de Paris, 1827.

l'analyse élémentaire nous a fait constater la présence de l'azote dans le tissu d'une substance organique, nous en avons conclu que l'azote formait un des éléments de sa composition. Il n'est venu dans l'esprit à personne de se demander, si cet azote ne pouvait pas être considéré, comme étranger au tissu lui-même et comme y existant, soit libre mais condensé, soit combiné avec une substance également étrangère à la composition de la principale. Ces deux suppositions méritaient pourtant d'être l'objet de recherches spéciales; c'est ce que nous avons entrepris, et voici les résultats auxquels nous sommes parvenu.

1248. Nous avons déjà vu (925) que l'empois, abandonné à l'influence de l'air atmosphérique, se change en substance azotée (*); ne serait-il pas possible que l'azote du gluten n'eût pas d'autre origine que l'absorption de l'air atmosphérique? On sait que les corps poreux sont capables de condenser en quantités considérables les gaz qu'ils absorbent, et par conséquent de les combiner; Longchamp (**) a rendu plus que probable la formation de l'acide nitrique aux dépens de l'oxygène et de l'azote de l'air atmosphérique, absorbé et condensé par les pores de la craie; un coup de tonnerre suffit pour en former dans les gouttes de pluie. Vaudin, pharmacien à Laon, a observé depuis que dans l'extrait des feuilles d'oranger ou de quinquina, exposé à l'air, il se formait, en certaines circonstances, de l'acide nitrique et du gaz nitreux. Dobereiner, à son tour, a constaté un dégagement de gaz nitreux dans un mélange de sucre et de fleur de sureau qui avait été légèrement chauffé. Or le gluten absorbe de l'air, non-seulement dans l'état de vie et pendant le développement de l'ovaire, mais encore pendant l'acte de la malaxation: ce dernier point est d'une vérité incontestable. Eh bien! si l'on recueille les gaz que le gluten laisse dégager, les premiers jours de son contact avec l'eau, on trouve, ainsi que l'avait déjà constaté Proust, que ces gaz ne sont que de l'acide carbonique et de l'hydrogène. Qu'est devenu l'azote atmosphérique?

1249. Pour évaluer le genre d'influence que l'air atmosphérique, emprisonné par la malaxation, exerce sur la décomposition du gluten, j'entrepris les expériences suivantes:

Je plaçai de la farine de froment dans un sachet à doubles parois, formé d'une toile à tissu serré; je tins ce sachet plongé dans l'eau d'un grand bocal, muni à sa base d'une tubulure. Le lendemain, j'ouvris la tubulure de la base, en ayant soin de remplacer l'eau qui en sortait, par une quantité égale d'eau qui coulait en même temps dans le bocal par l'ouverture supérieure, de manière que le sachet rempli de farine n'était jamais en contact avec l'air. Afin d'accélérer le rapprochement des molécules du gluten, j'avais soin de faire frapper le sachet contre les parois du vase; la fécule sortait à travers les mailles du sachet, de même que les substances solubles dans l'eau. Je répétai cette opération pendant plusieurs jours, et chaque jour à diverses reprises. J'ouvris enfin le sachet; je séparai en deux portions le gluten; je déposai l'une dans un bocal plein d'eau, de 8 centimètres de hauteur et de 3 d'ouverture (n° 1), je malaxai l'autre avec les mains et au contact de l'air; je la déposai ensuite dans un godet plein d'eau et haut de 3 centimètres (n° 2). D'un autre côté, je pétrie de la farine pendant un quart d'heure sans chercher à en extraire le gluten, et je la déposai dans un bocal rempli d'eau, ayant les mêmes dimensions que le premier (n° 3). Enfin, je jetai, dans un bocal semblable, une égale quantité de farine, qui, en se déposant au fond du vase, y formait une couche de 2 centimètres de haut (n° 4).

Quinze jours après, le n° 1 répandait seulement une odeur acétique et rougissait le tournesol; le n° 2 répandait une odeur fétide et ramenait au bleu le papier rougi par les acides; le n° 3 un peu fétide donnait des signes ambigus d'acidité et d'alcalinité; le n° 4, fade, acidulé, rougissait le tournesol. Vingt jours plus tard, le n° 1 répandait la même odeur acétique et rougissait le tournesol; le n° 2, très-fétide, bleuissait fortement le tournesol rougi par un acide; le n° 3, devenu acétique et un peu alcoolique, rougissait faiblement le tournesol; le n° 4 de même, quoique avec une odeur vaguement fétide.

Ainsi le même gluten se comportait de deux manières différentes, selon qu'il avait été malaxé avec ou sans le contact de l'air. La farine se comportait de deux manières différentes, selon qu'elle avait été soumise à l'une ou à l'autre de ces épreuves. Dans un cas elle fournissait des produits ammoniacaux, et dans l'autre des produits acides.

1250. On aurait pu croire que les deux glutens n°s 1 et 2, n'avaient tant différé l'un de l'autre, que

(*) Lorsque j'annonçai pour la première fois ce résultat, on le regarda comme de la plus haute importance; mais, selon l'habitude, on le révoqua en doute. Dans la suite, les auteurs les plus intéressés à le nier se convainquirent de son exactitude, et l'on n'en parla plus; mais on en profita, et il est tout un ordre de substances azotées, dont cette seule indication a renversé la théorie de fond en comble.

(**) Voyez *Ann. des sc. d'obs*, tom. I, pag. 56 et 194.

paree que le second avait été pétri avec les mains, circonstance dont les chimistes n'ont jamais tenu aucun compte, mais qu'il m'importait d'évaluer. Je malaxai donc deux quantités égales de farine, l'une à l'aide d'une cuiller de fer et sur un tamis en crin, et l'autre avec le secours des mains; je déposai une égale quantité de chacun de ces glutens (1 gros) dans une égale quantité d'eau. Les deux glutens marchèrent toujours de front sous le rapport de l'alcalinité; seulement le gluten malaxé avec le secours des mains répandait une odeur fétide et spermatique, tandis que l'autre n'avait contracté, même quinze jours après, qu'une odeur de lait aigri. Ainsi les mains, en cédant au gluten malaxé les produits de la transsudation et les débris épidermiques, accroissent l'intensité, mais ne changent nullement la nature de la décomposition de cette substance; ce n'était donc pas à cette circonstance qu'on eût été en droit d'attribuer la différence des produits n° 1 et n° 2 de la première expérience.

1251. Enfin le gluten existe, avec tous ses caractères, dans la farine avant la malaxation. D'où vient cependant que la farine, simplement déposée dans l'eau, ne donne presque jamais aucun signe d'une fermentation alcaline? On pourrait répondre que, dans la farine, il existe des substances hétérogènes, l'huile, le sucre, la gomme, la résine, etc., dont le mélange est susceptible de masquer ou de paralyser la fermentation glutineuse. Pour répondre à cette objection, j'ai placé, le 30 mars 1826, de la farine dans un bocal de 8 centimètres de haut et de 3 d'ouverture, rempli d'eau distillée jusqu'au goulot. La farine formait, au fond du vase, une couche de 2 centimètres et demi. Lorsque toute la farine me parut déposée, je décantai, et je remplaçai le liquide par une égale quantité d'eau distillée, dans laquelle j'eus soin d'agiter et de délayer, avec un tube de verre, toute la couche de farine. La même opération fut répétée, et souvent deux fois par jour, les 2, 4, 8, 9, 11 et 18 avril, en sorte que ces divers lavages ont pu s'élever au nombre de 12. La couche de farine avait diminué d'un centimètre. Cette grande diminution s'explique naturellement; car l'eau que j'enlevais tenait souvent en suspension des téguments et des couches de cellules de différente nature, ainsi que j'avais eu soin de m'en assurer au microscope. Or ce ne fut que le 21 avril qu'une odeur fade de lait aigri commença à se manifester, et ce ne fut que le 4 mai, que le papier de tournesol indiqua des traces d'une acidité qui devint de jour en jour plus prononcée; l'odeur de la substance a fini par se montrer, avec tous les caractères de l'odeur caséique qu'exhale la fécule bouillie et placée dans les conditions que j'ai décrites ci-dessus (924); mais jamais les papiers réactifs n'y ont révélé le plus léger indice d'alcalinité. L'acidité de cette farine ne pouvait donc plus être attribuée à la présence des substances étrangères au gluten; il est, en effet, nécessaire d'admettre qu'à la faveur de tant de lavages répétés, j'étais parvenu à enlever toutes ces substances hétérogènes, et qu'il ne restait en conséquence, dans le fond de cette eau, que des grains inaltérables (916) d'amidon et des parcelles de gluten.

1252. Les bulles de gaz produites par la fermentation s'élevaient et se succédaient avec rapidité, depuis le 21 avril, de la couche farineuse seulement; ces bulles étaient donc fournies par la décomposition du gluten.

1253. Supposerait-on que la nature acide de ces produits puisse encore être attribuée à la présence de ces quantités inappréciables de substances solubles, dont les lavages les plus nombreux ne parviennent jamais à débarrasser tout à fait les substances insolubles de la farine? Mais alors le gluten obtenu par la malaxation devrait fournir des produits bien plus acides que la farine lavée; car il est évident que, pendant le cours de la malaxation, le gluten emprisonne, dans ses mailles factices, un très-grand nombre de parcelles, avec lesquelles il était mélangé avant la manipulation: l'huile, le sucre, le son, la fécule surtout, ainsi qu'on le constate au microscope, y existent en grande proportion; et pourtant la présence de toutes ces substances n'empêche pas le gluten malaxé de donner, en peu de temps, des signes évidents d'acidité et de putréfaction. Donc l'intensité de ces deux circonstances doit être attribuée à la présence de l'air atmosphérique, dans les mailles naturelles ou factices du gluten malaxé.

1254. Ce n'est pas que, dans la fermentation acide de la farine, il ne se produise pas de l'ammoniaque; car nous avons vu que l'acide caséique ne tarde pas à se déceler à l'odorat (1251); et l'acide caséique ne doit être considéré que comme un acétate d'ammoniaque mélangé à des substances organisées ou organisatrices. Mais puisque, après la malaxation, il se produit assez d'ammoniaque, pour masquer la présence des acides, il est naturel de conclure que cette différence tient à une élaboration de l'air atmosphérique. Dans le gluten malaxé, le sel ammoniacal tendrait de plus en plus à se montrer avec excès de base; dans la farine non malaxée, au contraire, il resterait avec excès d'a-

cide. Lorsque nous nous occuperons de la fermentation alcoolique, nous nous étendrons sur la théorie de ces phénomènes ; il nous suffira ici de constater le fait de la formation de produits ammoniacaux de toutes pièces, dans le gluten exposé aux influences des élémens de l'air. L'expérience suivante viendra à l'appui de la supposition exprimée dans l'alinéa précédent.

1255. Le 17 juillet 1826, j'introduisis 1 gros de gluten malaxé dans un flacon plein d'eau distillée et bouché à l'émeri. Dès le lendemain, le gluten s'était soulevé, des bulles de gaz s'échappaient de sa substance intérieure, et finirent par former, en se réunissant, une grosse bulle sous le goulot; je débouchai le flacon, j'achevai de le remplir d'eau distillée, et je le bouchai de nouveau. Le gluten se souleva encore, laissa dégager force bulles de gaz jusqu'au 28 juillet, époque à laquelle toute la masse commença à se tasser au fond du vase, et à y former un gâteau compacte qui n'adhérait aucunement au verre, et qui, lorsque je renversais le flacon, retombait en entier sur le goulot. Aucune bulle d'air ne se dégagea plus dès cette époque ; mais peu à peu le gluten commença à noircir. Le 26 octobre, le gluten n'avait pas changé de forme; j'ouvris le flacon. Il s'échappa de tous les points du liquide une foule de petites bulles de gaz vers le goulot; l'odeur qu'exhalait le flacon était si fétide, qu'elle me causa un violent mal de tête; je rebouchai le flacon. Le 26 novembre, je rouvris le flacon, qui, depuis le 26 octobre, n'avait pas donné les moindres signes de fermentation, quoiqu'il eût été un instant en contact avec l'air atmosphérique. L'odeur qui en sortit fut si fétide et si insupportable, que je ne me sentis pas le courage de recueillir les gaz qui s'en échappèrent, pendant plus de deux heures après l'ouverture du bouchon. Pour me délivrer de cette odeur, je rejetai l'eau du flacon, et je versai sur le gâteau du gluten, de l'acide hydrochlorique étendu. Aussitôt le gluten reprit sa blancheur primitive, et, au lieu de l'odeur insupportable dont je viens de parler, il exhala une *odeur agréable d'acide caséique* (1255); je jetai le gâteau sur un filtre, je le lavai à grande eau, et j'obtins une masse blanche, pulvérulente, insoluble dans l'eau, sans odeur prononcée, et dont les molécules affectaient au microscope l'aspect et les dimensions des parcelles de gluten, qu'on remarque dans la farine.

Or quel rôle a joué l'acide hydrochlorique dans cette circonstance? N'est-ce pas évidemment d'avoir saturé l'excès de base du sel ammoniacal, qui dès lors s'est fait sentir avec son excès d'acide ?

1256. Quoique les principaux produits ammoniacaux de la décomposition du gluten puissent être attribués, sans blesser les règles de l'analogie, et même en se basant sur une masse d'expériences, aux combinaisons du tissu et des éléments de l'air atmosphérique qui se trouve emprisonné dans ses mailles par l'effet, soit de la végétation, soit de la malaxation, on est encore en droit d'en indiquer l'origine dans la présence des sels ammoniacaux, qui, pendant les phases de la végétation, se seraient combinés avec les tissus, ou resteraient mélangés aux liquides renfermés dans les cellules. Nous renvoyons, pour la démonstration de ce dernier point de vue, au § 857 du présent ouvrage, où la question est traitée dans toute sa généralité.

1257. En conséquence, il n'existe plus d'anomalie relativement à l'opinion que nous nous sommes formée du *gluten*, comme remplissant, chez les céréales, le même rôle que le tissu cellulaire chez les autres plantes farineuses, telles que la pomme de terre (1058), etc.

§ IV. *Caractères physiques et propriétés chimiques du gluten, tel qu'on l'obtient par la malaxation de la farine de froment.*

1258. Le gluten s'offre sous la forme d'une masse molle, élastique, plus ou moins grisâtre, et d'une odeur plus ou moins spermatique, selon qu'il a été malaxé par des mains qui transpirent plus ou moins, ou par des individus d'une constitution plus ou moins saine. Abandonné au contact de l'air, après avoir été mêlé au sucre, il fournit de l'alcool, sur lequel il réagit ensuite pour déterminer la formation d'acide acétique; desséché, il contracte une couleur jaune, luisante, et reste inaltérable au contact de l'air; il se putréfie à l'état humide.

1259. En général, à l'état frais, il donne des signes d'acidité, à cause de la présence de l'acide acétique et de l'acide phosphorique.

1260. Comme substance organisée, il est impossible que le gluten soit une substance pure et sans mélange d'autres corps organiques ou organisés. Comment concevoir, en effet, qu'une substance aussi collante puisse s'extraire de la farine, sans envelopper, dans ses mailles factices, les divers éléments organiques ou organisés que l'opération de la *mouture* a confondus dans la farine? Aussi est-il facile de constater au microscope que le gluten le plus pur, et obtenu sans le contact des mains, renferme encore une immense quantité d'amidon et de débris du péricarpe résineux ; par la même raison, il doit renfermer du sucre et de l'huile.

1261. L'eau bouillante rend cette masse moins élastique et lui fait perdre ses caractères glutineux ; elle la coagule enfin.

1262. L'alcool produit le même effet, mais en lui enlevant certaines substances étrangères et une légère partie de sa substance, par un mécanisme dont nous nous occuperons plus bas. L'éther la coagule sans lui enlever rien d'appréciable.

1263. L'acide sulfurique coagule en blanc le gluten dans le premier contact, et finirait ensuite par le désorganiser, ainsi que toutes les autres substances organiques (1160). Il lui enlève de plus une quantité de sucre et de résine, variable selon la structure artificielle de la masse glutineuse.

1264. L'acide acétique, l'acide hydrochlorique et l'acide phosphorique dissolvent d'autant plus de gluten que leurs proportions sont plus grandes, et qu'ils sont plus concentrés. Aussi remarque-t-on que l'acide phosphorique dissout plus de gluten sec que de gluten humide. L'ébullition ajoute encore à l'intensité et à la rapidité de leur action ; mais il reste toujours, quoi qu'on fasse, une portion qui ne se dissout pas et qui ne fait que s'épaissir en mucilage. Les autres acides minéraux se refusent à dissoudre le gluten. Mais les acides hydrochlorique et sulfurique offrent de plus des phénomènes remarquables de coloration ; et les phénomènes de coloration sont infiniment précieux dans les observations microscopiques : l'acide hydrochlorique coagule d'abord en blanc le gluten, et si on a soin d'en ajouter assez pour le dissoudre entièrement, on voit le liquide se colorer successivement en purpurin, en violet et en bleu. L'acide sulfurique, au contraire, lui communique une couleur pourpre, qui est due à la présence simultanée du sucre et de l'huile, ainsi que nous le développerons plus bas.

1265. L'ammoniaque concentrée dissout le gluten, mais beaucoup mieux quand celui-ci a été préalablement dissous dans un acide ; il se forme d'abord un précipité qui disparaît presque instantanément.

1266. La potasse caustique gonfle d'abord le gluten, le ramollit, puis elle le dissout en un liquide transparent, incolore.

1267. Les acides et l'ammoniaque ont chacun de leur côté la propriété de rendre le gluten soluble dans l'alcool et dans l'eau. Cette remarque est importante.

1268. Mais une remarque qui ne l'est pas moins, c'est que si l'on ajoute à la solution, soit acide, soit alcaline du gluten, une certaine quantité d'eau, peu à peu la portion du gluten, qui ne peut plus dissoudre le véhicule ainsi étendu, s'en détache sous forme de globules sphériques, uniformes, affectant les mêmes dimensions, et qui, en restant suspendus dans le liquide, lui communiquent un aspect laiteux. La portion du gluten qui a été précipitée plus violemment, par le premier contact du véhicule et de l'eau, se précipite sous forme de flocons blancs. Aussi ce phénomène s'offre-t-il avec d'autant plus de régularité, et les globules sont-ils d'autant plus réguliers et uniformes, que le mélange du véhicule et de l'eau se fait plus lentement, par exemple, lorsqu'on laisse le véhicule exposé au contact de l'air, pour qu'il s'y évapore ou qu'il s'y sature d'humidité (*).

1269. On conçoit maintenant que toute substance capable, soit de neutraliser l'acide ou la base, soit de les étendre, occasionnera le même précipité, avec toutes les variations provenant des modifications des circonstances opératoires. Ainsi l'ammoniaque, qui seule dissout le gluten, le précipitera de sa dissolution dans un acide, et les acides sulfurique, nitrique, hydrochlorique même, et la noix de galle précipitent le gluten de sa dissolution dans l'acide acétique ou dans les alcalis.

1270. Mais ce qu'il ne faut jamais perdre de vue, lorsqu'il s'agit de raisonner sur la formation des précipités, c'est que chacun de ces *coagulum* informes sera un mélange de gluten et des substances basiques ou acides qui les auront vraisemblablement déterminés, et qu'ils se précipiteront avec d'autant plus de rapidité que la base sera plus pesante et moins soluble. Chacun de ces *coagulum* sera, pour ainsi dire, un tissu combiné avec une nouvelle base ; et il faudrait bien se garder d'y voir rien d'analogue à une combinaison normale et atomistique (799).

1271. Conséquence immédiate des faits précédents. — La conséquence la plus naturelle, et qui aurait dû se présenter la première à l'esprit des chimistes, c'est que le gluten, par la présence d'un acide ou de l'ammoniaque, sera susceptible de s'offrir sous deux formes différentes : sous celle d'une substance soluble dans l'eau et dans l'alcool, et sous celle d'une masse insoluble dans l'un et dans l'autre menstrue ; et les proportions respec-

(*) Il est inutile, je pense, de rappeler que la dissolution du gluten dans les menstrues se faisant avec lenteur, il est nécessaire d'y procéder au moyen de vaisseaux fermés, et par conséquent au microscope, au moyen des lames de verre dont j'ai déjà parlé (486).

tives de ces deux portions de la même substance varieront à l'infini, suivant les doses d'acide employées et selon la quantité d'eau avec laquelle le gluten malaxé se sera associé (1244). D'un autre côté, les acides à l'état libre, abondant dans le suc des végétaux, surtout l'acide acétique, si l'on soumet le suc à l'ébullition, l'évaporation des acides volatils qui tiennent le gluten en dissolution, ou leur saturation par les bases que les mouvements du liquide mettent en contact avec eux, feront que le gluten abandonné reprendra son insolubilité dans l'eau, que ses diverses molécules se rencontrant alors s'associeront, monteront à la surface, par leur légèreté spécifique, et apparaîtront ainsi sous forme d'une écume coagulée que l'on nommera *albumine végétale*; et cette explication complète celle que nous avons donnée plus haut (1238) sur l'anomalie que semblent présenter à cet égard les diverses farines des céréales.

C'est pour ne s'être pas arrêtés à cette simple considération, que les chimistes, dans ces dernières années, ont enrichi la nomenclature, des substances nouvelles dont nous allons nous occuper.

§ V. *Zimôme* (Taddéi) *ou gluten* (Einhoff et Berzélius); — *Gliadine* (Taddei) *ou albumine végétale* (Einhoff et Berzélius) *ou glutine* (Rouelle et Sunbeiran) *ou mucine* (Th. Saussure) *ou diastase* (Peyen et Persoz).

1272. Taddéi, Einhoff, Berzélius, ayant traité le gluten de froment (1074) par l'alcool, trouvèrent que le gluten cédait à ce menstrue une substance, qu'ils considérèrent, au moins le premier de ces auteurs, comme le principe du levain. On traite le gluten par l'alcool bouillant, jusqu'à ce que ce liquide filtré tout chaud ne se trouble plus pendant le refroidissement. L'alcool dissout le gluten ou la zimôme, ainsi qu'une substance INCOMPLÈTEMENT CONNUE, et laisse l'albumine végétale ou la gliadine. Le gluten, dissous dans l'alcool, DONNE DES SIGNES ÉVIDENTS D'ACIDITÉ. Au reste, tous les autres caractères que les auteurs assignent à cette substance soluble dans l'alcool, conviennent à la substance qui ne s'y est pas dissoute, une fois qu'on a traité celle-ci par un acide; et alors ce qu'ils appellent *albumine végétale* ou *gliadine*, est tout aussi soluble dans l'alcool, que ce qu'ils nomment spécialement *gluten* ou *zimôme*.

1273. Donc celui-ci n'est que la portion de l'autre, dont l'acide existant dans la masse s'est emparé; ce qui me dispense d'entrer dans les détails compliqués du travail de ces trois auteurs. Cette seule conséquence suffit pour les réduire tous à leur juste valeur.

1274. Je ne m'arrêterai que sur la SUBSTANCE INCOMPLÈTEMENT CONNUE, que l'alcool est supposé dissoudre avec le gluten, et qui se précipite de la solution, par le refroidissement. C'est encore ici une preuve du dédale inextricable dans lequel se jette la chimie en grand; on y avance les yeux couverts d'un bandeau, et l'on serait porté à prendre, pour vingt substances différentes, la même substance rencontrée dans vingt circonstances différentes. Nous avons dit (1260) que le gluten, loin d'être une substance pure de tout mélange, renferme au contraire, dans les mailles innombrables de son tissu artificiel, l'huile, le sucre et l'amidon du périsperme, les fragments de l'embryon tout jeune et gommeux, ceux du péricarpe resineux, etc.; le tout egglutiné, au moyen de l'eau qui s'est combinée avec le gluten par la malaxation (1080), et de celle que le gluten a emprisonnée et retient à l'état libre.

Si vous soumettez maintenant à l'action de la chaleur, un mélange aussi compliqué, n'est-il pas évident que l'amidon éclatera (901) au moyen de l'eau libre du gluten, et que, lorsque l'alcool aura enlevé tout le gluten soluble qui enveloppe ces grains éclatés, ceux-ci mouteront en suspension dans l'alcool qui les coagulera? N'est-il pas évident que la même chose arrivera à la gomme et au gluten abandonné par suite de l'évaporation de l'acide volatil? Ensuite l'huile et la résine, se mêlant à l'alcool ou s'emprisonnant au milieu des *coagulum* de la gomme et de l'amidon, ne seront-elles pas capables de modifier les caractères de l'une et de l'autre substance? Et lorsque le refroidissement aura ramené le repos dans le liquide alcoolique, n'est-il pas évident que tous ces divers *coagulum* retomberont de tout leur poids comme un précipité? Eh bien! le germe de toutes ces explications se trouvait entre les mains des chimistes, et leur méthode l'a frappé de stérilité!

1275. Rouelle avait déjà imposé le nom de GLUTINE à ce que depuis Taddéi nomma GLIADINE. Ce fut Fourcroy qui donne à cette substance le nom d'ALBUMINE VÉGÉTALE. Mais Proust la déclara plus analogue au gluten qu'au blanc de l'œuf, dont on ne connaissait pas mieux alors la structure que celle du gluten. Proust se fondait sur ce que l'albumine végétale est coagulable à une basse température et par la simple concentration du liquide. On ignorait alors que le blanc d'œuf, filtré à froid,

après avoir été délayé et battu dans l'eau, laisse cependant sur le filtre une substance coagulée comme la fibrine.

1276. Nous nous sommes déjà occupé assez longuement de la DIASTASE (969); il est inutile de faire remarquer que cette substance est synonyme du gluten rendu soluble par l'acide acétique (1272), et partant synonyme des GLIADINE, GLUTINE et ALBUMINE VÉGÉTALE. Mais cette création académique a failli être détrônée presque en naissant par la MUCINE, nom qui en vaut bien un autre, et dont la terminaison est du moins plus classique que la première. Th. de Saussure avait lu une note (*) sur la MUCINE, le 21 mars 1833, à la Société d'histoire naturelle de Genève; et pour assurer mieux encore ses droits à la priorité, il avait, le 3 mai, communiqué ses expériences à Dumas, membre de l'Académie des sciences, société centrale qui a le monopole de constater, en dernier ressort, les droits des savants de province et de l'Europe à la priorité des inventions. Dumas n'eut garde d'en parler à l'auguste assemblée; et son silence, sur les idées d'un savant de province, fut suffisamment expliqué par l'empressement avec lequel il fit un rapport si profond et si flatteur, sur la DIASTASE de l'industriel Payen et Persoz, le 17 juin 1833. La DIASTASE académique a prévalu, et la MUCINE genevoise lui a cédé humblement la place, comme à une créature en faveur. Vous n'aurez donc pas un sirop de MUCINE, mais un sirop de DEXTRINE; et c'est fâcheux pour la logique; car le SIROP DE MUCINE, synonyme de DIASTASE, aurait moins blessé la vérité que le SIROP DE DEXTRINE, qui n'en renferme presque plus, et qui conserve ce nom au même titre que le sirop de gomme des pharmaciens de Paris, lequel n'est plus souvent qu'un sirop de cassonade.

1277. Th. de Saussure donne le nom de MUCINE à une substance qui forme environ le 25e du gluten. Il l'obtient en traitant à plusieurs reprises le gluten non desséché, par l'ébullition dans l'alcool, filtrant les liqueurs bouillantes, les mêlant ensuite avec leur volume d'eau, réduisant par l'évaporation au bain-marie le mélange à un seizième de son volume, l'éclaircissant par le repos et par des additions ultérieures d'eau pendant l'évaporation, jusqu'à ce que la dissolution froide soit devenue transparente et ait pu être séparée de la matière insoluble. L'évaporation à siccité donne la MUCINE. Elle jouit, d'après l'auteur, des propriétés suivantes. Lorsqu'on la traite par l'eau, celle-ci ne la dissout pas en entier, mais seulement un vingt-cinquième; la partie insoluble a les caractères extérieurs de la glutine. La solution transparente se trouble par le refroidissement. La noix de galle trouble une dissolution de $\frac{1}{50}$ de mucine; la solution est également troublée par l'alcool, les carbonates alcalins, et par l'oxalate d'ammoniaque, mais nullement par l'eau de chaux, de baryte, par l'acétate ou le sous-acétate de plomb, par le chlorure mercurique, et par le cyanure ferroso-potassique. La portion de mucine qui est insoluble dans l'eau se dissout dans l'acide acétique, en laissant un résidu qui y reste presque insoluble, et qui retient, malgré les lavages répétés à l'alcool et à l'eau, une quantité d'acide suffisante pour communiquer à l'eau la faculté de rougir le tournesol. La mucine est insoluble dans l'éther; à sec, elle est inaltérable à l'air.

Enfin la mucine, par tous ses caractères, était digne d'un rapport favorable à l'Académie des sciences, si elle avait poussé plus vite son affaire dans ses bureaux. Aujourd'hui la place est prise, elle doit se retirer, et il nous serait impossible de l'enregistrer dans ce livre, sans nous compromettre vis-à-vis de l'autorité... académique, ce dont nous sommes incapable, comme chacun sait.

1278. Nous ferons seulement remarquer que, si l'alcool bouillant ne dissout que $\frac{4}{100}$ de mucine, c'est que le gluten ne renfermait pas une assez grande quantité d'acide pour rendre soluble une plus grande portion de sa substance; que si l'eau ne redissout pas la mucine tout entière, c'est que la mucine n'est pas tout entière du gluten soluble dans l'eau, mais qu'elle renferme force résine et force huile, etc., substances solubles dans l'alcool et non dans l'eau; que si la solution d'eau est troublée par l'alcool, c'est parce que l'alcool s'empare des molécules d'eau et s'en sature, ce qui ne saurait avoir lieu sans déplacement et sans précipitation; que les alcalis occasionnent un trouble semblable en s'emparant de l'acide qui servait de menstrue au gluten; que l'oxalate d'ammoniaque occasionne un précipité dans le liquide, parce que la solution renferme de l'acétate de chaux ou du phosphate acide de chaux; que la chaux ne précipite rien, pas plus que la baryte, parce que la solution alcoolique n'a pris au gluten aucun sulfate, etc., etc. En conséquence, la mucine n'est encore qu'un mélange, et de gluten rendu soluble par un acide, et de la plupart des substances que le gluten renfermait dans les mailles de son tissu.

(*) *Journal de pharmacie*, tom. XIX, pag. 587, 1833.

1279. L'auteur a pris un meilleur parti, dans l'étude qu'il a faitr des produits de la germination des céréales. S'il a créé des noms, c'est en combinant entre eux les noms académiques; et s'il trouve deux substances nouvelles dans les produits de la germination, l'une s'appelle la *dextrine gluténique*, et l'autre le *sucre gluténiqua*, expressions qui signifient pour nous : *mélange de fécule et de gluten*, et *mélange de glutan et de sucre*, mais qui, pour l'auteur, ont sans doute une signification et une importance bien différentes, puisqu'elles sont cotées de nombres différents.

100 parties de froment avant la germination lui ont donné :

Amidon.	72.72
Gluten	11,75
Dextrine gluténique. . . .	3,46
Sucre gluténique	2,44
Albumine	1,45
Son	5,50
Perte.	2,70
	100,00

Après la germination, 100 parties du même blé ont donné :

Amidon.	65,80
Gluten	7.64
Dextrine gluténique	7,91
Sucre gluténique.	5 07
Albumine	2,67
Son	5,60
Perte	5,31
	100,00

Cruikshanck avait trouvé que, sans le contact de l'air, et à la température de 18 à 20° centig., la germination, au bout de quatre jours, n'avait pas produit une quantité notable de sucre et d'amidon.

Th. de Saussure, en prolongeant l'expérience, a obtenu de 100 parties de graines de froment :

Amidon.	61,81
Gluten	0,81
Dextrine gluténique. . . .	1,73
Sucre gluténique.	10,79
Albumina	8,14
Son	4 07
Gaz acide carbonique . . .	3,38
Perte.	9,27
	100,00

1280. Suivant les principes de cet ouvrage, rien n'est plus aisé à expliquer que les résultats obtenus par Th. de Saussure, et de rendre à chaque substance ce qui lui appartient. Quant à la rigueur des nombres, nous avons déjà fait connaître la confiance qu'on doit y attacher (323).

Dans la première expérience, le gluten se trouve sous deux formes, l'une insoluble, et l'autre rendue soluble par un acide volatil. Dès les premières impressions de chaleur, une partie de cet acide s'évapore, et abandonne à sa première forme le gluten qu'il dissolvait, et qu'on recueille alors avec les caractères d'une écume coagulée, et sous le nom d'albumine; en restituant ce nombre au gluten, le chiffre de celui-ci est de 13,18. Une autre portion de ce même gluten reste plus longtemps unie à l'acide, son menstrue, et par conséquent ne peut manquer de s'associer avec les substances, qui sont solubles dans l'eau et dans l'alcool. Quand on traitera le mélange par l'alcool, ce gluten y passera avec le sucre, qui prendra alors le nom de sucre gluténique. Mais la portion que l'alcool refuse de dissoudre, se composera spécialement de *gomme* et de la *substance soluble* de la fécule échappée aux téguments crevassés; ces deux substances, en se coagulant, ne manqueront pas d'emprisonner, dans le sein de leurs grumeaux, tout le gluten soluble qu'elles rencontreront sur leur passage (56); ce sera alors de la *dextrine gluténique*.

1281. Nous avons dit que la germination tend de jour en jour et de proche en proche, à faire éclater les grains d'amidon, et à transformer le gluten et l'amidon en sucre. Aussi la dextrine gluténique et le sucre gluténique devront se montrer plus abondants, à mesure que la germination avancera en date. Car, de jour en jour, la graina renfermera un plus grand nombre de grains de fécule éclatés, par conséquent, une plus grande quantité de substance soluble de la fécule, une plus grande quantité de sucre, et une plus grande quantité d'acides acétique et carbonique, propres à rendre soluble le restant du gluten. Ces analyses comparatives ne renferment donc que des résultats pseudonymes et déjà depuis longtemps suffisamment expliqués.

Quant à la troisième expérience, il est évident qu'elle n'a pas été soustraite pendant tout ce temps au contact de l'air; mais elle est, en tout cas, une conséquence des expériences précédentes.

§ VI. *Légumine* (Braconnot), *albumine et gluten des légumineuses* (Einhof).

1282. D'après toutes les explications que je viens de donner sur les diverses réactions du gluten, je devrais me contenter d'indiquer cette fausse substance, qui rentre absolument, par tous ses caractères essentiels, dans le genre du gluten.

1283. « On la prépare, en mettant tremper des pois (*pisum sativum*) dans l'eau, jusqu'à ce qu'ils soient gonflés et ramollis; puis on les réduit en pâte homogène, en les broyant dans un mortier; on délaye cette pâte dans l'eau, et on la fait passer à travers un tamis fin; le tamis retient le *test* et le périsperme sphacélé qui forment les *écales*; la liqueur passe laiteuse; et sans jamais perdre tout à fait ce caractère, elle laisse déposer de l'amidon pur formant une couche blanche comme la neige, puis une couche d'amidon mêlée de gluten et de substance verte. On décante; et par le repos, la *légumine* se dépose; on peut la recueillir sur un filtre que cette matière ne tarde pas à obstruer. Elle rougit sensiblement le papier tournesol, à cause du phosphate acide de chaux qu'elle renferme. L'alcool se comporte avec elle comme avec le gluten dont nous avons parlé. Les carbonates alcalins la dissolvent, mais celui d'ammoniaque moins que celui de potasse. L'acide sulfurique concentré la dissout en un liquide brun clair, d'où l'eau le précipite en flocons gluants. Le chlorure de mercure, la noix de galle, la précipitent; le carbonate et le sulfate de chaux la durcissent. »

1284. Le travail de Braconnot diffère de celui d'Einhof, sous des rapports de peu d'importance, et qui tiennent au plus ou moins de précision dans les procédés.

1285. La légumine revient donc au gluten rendu soluble dans l'alcool par la présence d'un acide (par exemple, l'excès d'acide phosphorique du phosphate de chaux). Le liquide laiteux, observé au microscope, présente en effet des myriades de granules sphériques, égaux entre eux, ne dépassant pas $\frac{1}{400}$ de millimètre (648), et qui, en se déposant spontanément au fond de l'eau, ou se coagulant par l'ébullition à la surface, présentent tous les caractères du gluten insoluble.

1286. La matière verte qui s'associe à ces dépôts, et que nous ne rencontrions pas dans la farine du froment, provient des cotylédons, dans lesquels se trouve la fécule des légumineuses. Or les cotylédons possèdent la substance verte en plus ou moins grande proportion, tandis que le périsperme des céréales n'en offre presque jamais de trace.

1287. Mais des expériences que j'ai fort anciennement entreprises à ce sujet, me permettent d'avancer, que les cotylédons fournissent spécialement le gluten insoluble dans l'eau et dans l'alcool, plus l'amidon emprisonné dans les sacs glutineux (992), et la matière verte provenant du tissu vasculaire (1105) de ces organes; que les globules glutineux, qui restent suspendus dans le liquide et qui forment la légumine, proviennent spécialement de la plumule et de la grosse radicule de ces semences. Le test et le périsperme sphacélé n'offrent pas la moindre trace de l'une ou l'autre de ces trois substances.

1288. Les globules glutineux se déposent, avec le gluten dissous à l'aide de l'acide, à mesure que cet excès d'acide se sature soit par les sels du légume, soit par l'ammoniaque qui se forme pendant la durée de l'expérience.

1289. Car la fermentation s'établit souvent en deux ou trois heures, selon l'élévation de température de l'atmosphère, à dater du moment où l'on abandonne le liquide à lui-même; et en deux ou trois jours on voit cette substance monter à la surface du liquide, comme le gluten, ou comme la crème du lait, dont elle a toute l'odeur caséeuse; jetée alors sur le filtre, elle en obstrue les pores plus que jamais; elle obstrue même les mailles d'une toile.

1290. Or, si l'on voulait admettre, comme caractère distinctif de cette substance, sa solubilité non-seulement dans les alcalis, mais encore dans les carbonates alcalins, il serait permis de présager la découverte d'autant de substances nouvelles qu'on observerait le gluten chez diverses plantes. Car, lorsqu'il s'agit d'une substance aussi riche en acides ou sels étrangers que l'est le gluten, on doit penser que l'action des doubles décompositions ou des diverses éliminations pourra être la cause d'une foule de caractères illusoires; or la nécessité de rendre compte de l'origine de tous ces caractères, n'implique pas celle d'introduire d'avance des noms nouveaux dans la science.

§ VII. *Transformation apparente du gluten sous l'influence de la potasse. Acide pectique* (Braconnot).

1291. « On réduit en pulpe des raeines, par exemple, des carottes jaunes, d'après Braconnot; on en exprime le jus, on lave le marc à plusieurs

reprises avec de l'eau distillée ou de pluie, et on l'exprime encore. On délaye une partie de marc dans six parties d'eau de pluie, et on y ajoute peu à peu et par petites portions une dissolution d'une partie de potasse à l'alcool (*). On chauffe ensuite le mélange, et on le fait bouillir pendant environ un quart d'heure, puis on passe la liqueur bouillante à travers un linge. On reconnaît que le mélange a bouilli assez longtemps, quand, après en avoir filtré une petite portion, celle-ci se prend en gelée par L'ADDITION D'UN PEU D'ACIDE. La liqueur renferme principalement DU PECTATE DE POTASSE. On sépare l'acide pectique de la potasse, par un acide fort qu'il est difficile d'enlever parfaitement, ou par le chlorure de chaux, qui fournit, par double décomposition, du PECTATE DE CHAUX. On le fait bouillir avec de l'eau aiguisée d'acide hydrochlorique, qui s'empare de la chaux, et met à nu l'acide pectique, lequel reste, sous forme d'une gelée incolore, légèrement acide, rougissant le papier tournesol, même lorsqu'elle est tout à fait dépouillée d'acide hydrochlorique. L'eau froide en dissout très-peu; il est plus soluble dans l'eau bouillante. La dissolution est incolore, ne se solidifie pas par le refroidissement, et alors elle rougit à peine le tournesol; elle se coagule par l'alcool, l'eau de chaux ou de baryte, les acides ou les sels à base alcaline; le sucre la transforme, au bout de quelque temps, en gelée. A la distillation sèche, l'acide pectique se décompose sans se gonfler, donne beaucoup d'huile empyreumatique, et laisse une grande quantité de charbon, mais ne dégage ni de l'ammoniaque, ni de l'acide hydrochlorique. L'acide nitrique la transforme en acides oxalique et mucique. Cette gelée acide jouit de la propriété de former des pectates avec les bases. »

1292. Ceux qui auront médité les divers principes que j'ai consignés dans les paragraphes précédents, n'auront pas de peine à se rendre compte de ces phénomènes, et à ne voir, dans le prétendu acide pectique, que du gluten dissous par la potasse, et repris ensuite par un acide qui le dissout en moins grande quantité, et produit une gelée tremblotante, par un mécanisme analogue à celui de l'empois (957), les grumeaux coagulés à demi, et que l'acide ne peut achever de redissoudre, faisant l'office des téguments d'amidon (909).

1293. Mais en même temps que la potasse agit sur la partie glutineuse et qu'elle désagrége les molécules des parois ligneuses (1172), elle doit nécessairement mettre en liberté, et le sucre, et la gomme, et l'huile, que recèlent les cellules et les vaisseaux du ligneux. Aussi remarque-t-on que ce prétendu acide pectique reste toujours coloré, quoi qu'on fasse, quand on a opéré sur une racine riche en matière colorante, comme l'est la carotte.

1294. D'un autre côté, l'action de la potasse détermine la formation des acides oxalique, acétique et carbonique qui se combinent avec cette base. Si maintenant vous saturez cette base par l'acide hydrochlorique, non-seulement vous éliminez au moins deux de ces acides, mais encore, malgré tous vos efforts, il restera dans cette gelée des traces de l'acide employé, que les plus longs lavages ne sauraient enlever. On peut obtenir directement la preuve de cette assertion, en traitant une huile par un acide; je porte le défi que les plus longs lavages à l'eau et même à l'alcool parviennent jamais à enlever l'acidité complétement. Donc le gluten (1268) abandonné sous forme de gelée, par la potasse saturée avec un acide, ne sera plus qu'un mélange de gluten en grande quantité, de sucre, d'huile en moindre quantité, de sels à base de potasse, et d'acides libres provenant, soit de l'emploi d'un acide minéral ajouté, soit de la formation spontanée d'acides végétaux sous la première influence de la potasse; et comme ces diverses substances végétales varieront en qualité et en quantité, selon la nature des racines employées et selon les circonstances de l'opération, on peut avancer qu'on rencontrera autant de propriétés diverses à l'acide pectique, qu'on essayera de végétaux différents et qu'on usera de procédés divers (**).

1295. Ce qui précède explique suffisamment comment ce mélange simule un véritable acide, en saturant les bases inorganiques, et comment il perd son acidité par des solutions répétées dans l'eau bouillante. Il est vrai qu'à la distillation, cette substance, s'il faut en croire l'auteur de la découverte, ne laisse dégager ni ammoniaque ni acide hydrochlorique. Mais l'auteur fait observer qu'il reste un charbon volumineux, et c'est ce charbon qu'il fallait analyser avant de prononcer; car l'acide hydrochlorique doit certainement s'y

(*) Vauquelin préfère le bicarbonate de potasse ou le carbonate de soude dissous dans 20 parties d'eau, parce que ces sels dissolvent moins de substances étrangères que la potasse pure.

(**) La meilleure preuve de ce que j'avance on tire évidemment de la couleur noire que contracte cette gelée, lorsqu'on la dessèche à une chaleur même modérée. Évidemment cette substance ne noircit que par l'influence qu'exerce, sur le tissu organique, l'action simultanée de la potasse et de l'acide hydrochlorique, qui sont restés emprisonnés, à l'insu du manipulateur, dans les mailles factices du tissu gélatineux.

trouver à l'état de chlorure. Il fallait ensuite recueillir les gaz, et on se serait alors assuré de la présence de l'azote, provenant de la décomposition de l'ammoniaque par le charbon.

SIXIÈME GENRE.

HORDÉINE (*).

1296. Proust signala en France, sous le nom d'*hordéine*, une substance qu'il avait rencontrée principalement dans la farine d'orge (*hordeum*) (**) (1030), et qu'il avait déjà désignée, en Espagne, sous celui de *cevadina*, de *cevada*, orge en espagnol.

« Quand on lave une pâte de farine d'orge, dit ce chimiste, comme s'il s'agissait d'en tirer la *glutine* (gluten, 1275), cette dernière ne s'y trouve point (1239); mais les doigts rencontrent, à sa place, je ne sais quoi de rude, de sableux, qui n'est autre chose, en effet, que le produit dont nous venons de parler... L'analyse ne montre rien qui le distingue de tous les tissus ligneux, dont l'azote ne fait pas ou presque pas partie; à la distillation, par exemple, le vinaigre, l'huile et des gaz qui en retiennent une partie, mais aucune trace d'ammoniaque. L'acide nitrique la dissout; il en forme de l'acide oxalique, du vinaigre; après quoi paraît un soupçon de ce jaune amer qui rappelle toujours un peu d'azote. (Pag. 342.) »

1297. Le procédé dont s'est servi Proust pour isoler cette substance, consiste simplement à faire bouillir l'*amidon* et l'*hordéine* qui se sont déposés simultanément dans le fond du vase pendant la maturation (1080). L'ébullition rend (d'après l'auteur) l'amidon soluble (935), l'hordéine se précipite; et l'on obtient l'hordéine pure au moyen de quelques lavages.

1298. A la lecture de la description de cette substance et du procédé que l'auteur avait suivi pour l'obtenir, je conçus des doutes assez forts sur son existence réelle, et je me proposai de l'obtenir par moi-même, et de l'étudier à l'aide de mes nouveaux procédés.

1299. Après que je l'eus obtenue exactement par le procédé de Proust, le premier coup d'œil, dont elle fut l'objet au microscope, me convainquit qu'au lieu d'une substance immédiate, j'avais sous les yeux un composé compliqué de tissus, dont il ne me restait plus qu'à étudier la région dans la graine elle-même. Le seul moyen de mettre quelque ordre dans ces nouvelles recherches, et de parvenir à des résultats plus positifs, est d'étudier séparément chaque organe de la graine en particulier et d'en tracer des figures exactes, en tenant toujours compte du diamètre des formes qui se présenteront constamment les mêmes. C'est ce que je vais faire, en procédant des organes plus externes aux organes plus internes (pl. 7).

§ I. *Description microscopique des organes que la mouture confond dans la farine de blé et d'orge.*

1300. Une coupe longitudinale du grain mûr de froment (fig. 2), pratiquée le long du sillon médian que l'on observe sur la face postérieure du grain, présente, 1° le péricarpe (*a*) qui, sur le côté opposé, tapisse l'intérieur du sillon médian (*g*); 2° le périsperme (1234) blanc et farineux (*d*); 3° l'embryon (*b*) dont l'empreinte se voit sur le péricarpe, à la base de toute graine de graminacée.

1301. La même coupe, pratiquée sur un grain d'orge (fig. 1), offre, outre ces trois organes désignés par les mêmes lettres, les valvules calicinales (*e*) qui, en s'agglutinant sur la surface extérieure de la graine, semblent lui former un second péricarpe. Décrivons en détail tous ces organes, dont on voit les figures grossies 150 fois (***) sur la planche 7.

1302. Péricarpe (fig. 2, *a* et *a'*). — Avant la fécondation de l'ovaire (886), le péricarpe se composait de deux couches : l'une extérieure, blanche, très-épaisse, remplie de fécule (*spécialement dans l'ovaire du froment*), et l'autre plus mince, verte, tapissant l'intérieur de la cavité formée par la couche extérieure, et susceptible, à une certaine époque, de se séparer de la couche blanche,

(*) *Mém. du Muséum d'hist. naturelle*, tom. XVI, 1827. Voyez de plus : *Annal. des sciences d'observ.*, tom. II, pag. 106, 1829. — J'entrerai dans quelques détails au sujet de cette substance, quoique le résultat de ce travail soit tout négatif. Mais Berzelius (tom. IV, pag. 323) vient d'enregistrer, quoique avec doute, dans son grand ouvrage, cette vieille erreur, que depuis la publication de mon mémoire, les chimistes le plus aveuglément attachés aux anciens principes avaient pourtant rejetée de leurs ouvrages. D'ailleurs, ce que je vais exposer aura son côté positif, en ce qu'il me fournira l'occasion d'analyser la farine des céréales, et de donner ainsi un exemple de la méthode à suivre dans l'investigation des substances mélangées.

(**) *Annal. de phys. et de chim.*, t. V, pag. 339.

(***) A l'exception des fig. 1 et 2, qui sont destinées à une simple loupe d'un pouce de foyer.

en conservant pourtant des traces de leur adhérence primitive (*).

1303. A mesure que la maturité approche, on voit la couche externe et blanche perdre peu à peu sa fécule et son épaisseur ; ses cellules, se dépouillant progressivement de leur substance nutritive, s'appliquent les unes contre les autres, et, réduites alors à la minime épaisseur de leurs parois, elles finissent par ne plus présenter, malgré leur grand nombre, que la consistance d'un épiderme ordinaire (fig. 2, *a'*).

1304. La couche interne, au contraire, de verte qu'elle était dans le principe, finit par devenir rougeâtre, changement uniquement dû à une modification de la résine de ses cellules ; et c'est cette racine desséchée qui rend la graine des céréales imperméable à l'eau, partout ailleurs que sur le *hile* (*c*, fig. 1 et 2), par lequel la graine tenait à l'articulation supérieure de la fleur.

1305. Le périsperme (*d*, fig. 1 et 2) est recouvert d'une couche à cellules hexagonales noires par réfraction, et blanches par réflexion, plus allongées dans l'orge (fig. 5) que dans le blé (fig. 6). Cette couche simple paraît tenir la place, chez les graminées, du *test* des autres graines. Une tranche longitudinale du grain de blé (fig. 4) présente tous ces organes dans leur position respective : (*a*) couche blanche et externe du péricarpe ; (*b*) couche résineuse et interne du même organe ; (*c*) espèce de test qui enveloppe le périsperme farineux (*d*), mais qui, sur l'embryon, ne s'offre plus avec ses cellules hexagonales. La fig. 3 représente le périsperme de l'orge.

1306. La fig. 7 représente de face la couche externe (*a*) et la couche interne ou résineuse (*b*) du péricarpe pris sur la surface de l'embryon de l'orge. La figure 8 représente les mêmes couches (*a* et *b*) prises à la même région chez le blé.

1307. La fig. 9 représente le même organe avec sa couche externe (*a*), sa couche interne (*b*), plus le test (*c*) du périsperme pris AU-DESSUS de la région de l'embryon de l'orge. La fig. 10 représente la couche blanche externe (*a*) et la couche résineuse interne (*b*) prises à la même position sur le blé.

1308. La calotte supérieure du grain de blé est hérissée de poils roides et blancs (fig. 2, *f*, et fig. 13), dont nous nous sommes occupé plus haut (734). Le grain d'orge en a moins (pl. 9, fig. 4) ; l'ovaire d'avoine (fig. 1) en est tout velu.

(*) Voy. pl. 16, fig. 7, tom. VI. des *Annal. des sc. naturelles*, 1825 ; et de plus *Nouveau syst. de physiologie végét. et de bot.*, § 427.

1309. A la base du grain de toutes les céréales, se trouvent deux écailles, épaisses avant la fécondation (pl. 9 fig. 10, *cc'*), et qui s'amincissent à la maturité (*c'*). Dans leurs interstices s'insèrent les étamines, et ce double système d'organes forme l'analogue des corolles monopétales des végétaux d'un ordre supérieur.

1310. L'embryon se compose : 1° d'un cotylédon charnu triangulaire, qui est chargé de transmettre au végétal en miniature les produits organisateurs de la décomposition du périsperme (fig. 2, *d*), contre lequel il est appliqué par sa face postérieure ; cet organe est traversé d'une grosse nervure verdâtre (**) ; 2° de la plumula formée par des emboîtements de feuilles en miniature, non encore fendues par devant et assez nombreuses, même avant la germination ; 3° d'un cône radiculaire ne renfermant point de substance verte, mais offrant des emboîtements analogues à ceux de la plumule qui lui est opposée, quoique plus épais et moins nombreux. La fig. 12 présente un fragment des feuilles de la plumula avec leurs nombreuses nervures. La fig. 11, au contraire, offre un fragment des cellules internes et de l'épiderme du cotylédon de l'orge et du blé.

1311. Voilà l'énumération analytique de tous les organes dont la mouture mêle et confond les fragments plus ou moins divisés dans la farine des céréales : amidon, gluten, embryon, diverses couches du péricarpe, écailles corolloïdes et filaments des étamines.

1312. Pour séparer l'amidon et le gluten que l'on désire obtenir simultanément, et à part des fragments du péricarpe et de l'embryon, qui ne peuvent servir que bien accidentellement à la fermentation panaire, on fait passer le produit brut de la mouture dans un *bluteau*, tamis cylindrique ou conique, auquel on fait décrire un mouvement de rotation autour de son axe. L'amidon et les particules de gluten passent à travers les mailles ; les plus gros fragments du péricarpe et de l'embryon restent dans le tamis, et forment ce qu'on appelle le *son*.

§ II. *Quels sont ceux de ces organes que l'on retrouve dans l'hordéine, et qu'est-ce enfin que l'hordéine ?*

1313. Or, dans *l'hordéine* obtenue au plus grand état de pureté, on rencontre principalement

(**) Voyez mon travail sur le *développement de l'embryon* (*Annales des sciences nat.*, tom. IV, pl. 13, fig. 5 *a*, et pl. 14, fig. 13 et 14 *a*), et *Nouv. syst. de physiol. vég.*, § 846

Digitized by Google

les divers fragments du péricarpe que représentent les figures 5, 6, 7, 8, 9, 10, les fragments de la plumule (fig. 12), ceux du cotylédon (fig. 11), les poils (fig. 13), les écailles (pl. 9, fig. 10, c), et de gros blocs indéterminables, qui ne peuvent être que des fragments trop épais de l'embryon.

1314. L'HORDÉINE N'EST DONC QUE DU SON PLUS DIVISÉ que celui qui est resté sur le *bluteau*, et qui a passé, à cause de la ténuité de ses fragments, à travers les mailles, en même temps que la fécule et le gluten. Dans l'expérience de Proust, l'ébullition fait monter en suspension les téguments de la fécule et les fragments du péricarpe; et par le refroidissement ces fragments du son retombent rapidement; on les obtient presque purs par des lavages.

1315. Voilà donc à quoi se réduit la substance, à laquelle Proust avait consacré trois grands mémoires, et à laquelle il faisait jouer un si grand rôle dans l'acte de la germination (*); et sans nos recherches, il est infiniment probable qu'elle aurait conservé encore longtemps son importance dans les catalogues de la science. Par une conséquence immédiate, il paraîtra certain, sans avoir recours à l'expérience, que toutes les graines douées d'un test ou d'un péricarpe résineux auraient pu fournir une quantité plus ou moins considérable de ce *son* très-divisé, lorsqu'on les aurait soumises aux procédés que je viens de décrire.

1316. Je ne parle ici que de l'hordéine de Proust; car Thénard (**) a évidemment confondu, sous ce nom, deux substances distinctes : les lies de vins, qui sont des pellicules provenant d'une végétation cryptogamique, ou une association des particules du gluten, et l'*hordéine*, de Proust, que je viens de prouver n'être que du *son* très-divisé.

1317. Mais, dira-t-on, si l'hordéine n'est que du son très-divisé, comment se fait-il que des graines d'un volume à peu près égal, mais appartenant à des espèces différentes, fournissent des quantités si différentes de ce résidu? Comment se fait-il que l'orge laisse 55 d'*hordéine* sur 100 de farine, tandis que la farine de blé en fournit à peine 20 pour 100?

L'anatomie des deux graines donne une réponse péremptoire à cette double objection. Je ne parlerai pas ici des paillettes calicinales qui recouvrent intimement le grain d'orge, et dont les fragments, en se réunissant à ceux du péricarpe, doivent nécessairement grossir encore la quantité du précipité. Mais cependant il est bon de faire observer que ces paillettes calicinales, en s'attachant au péricarpe, ont dû imprimer à cet organe des modifications physiques que n'aura pas le grain de blé. Or c'est ce que la dissection démontre. Car, si l'on pratique une coupe transversale sur le grain d'orge et sur celui de blé, on ne manque pas de s'apercevoir que le péricarpe du blé (fig. 10) s'enlève en entier et comme un ruban circulaire, tandis que le péricarpe de l'orge (fig. 9), au lieu de s'exfolier, ne se détache que par fragments très-petits. Eh bien! ce qui se passe sous le tranchant du scapel, doit évidement avoir lieu aussi sous le poids de la meule. En conséquence le *son* se trouvera à un état de division bien plus grossier dans la farine de blé que dans celle de l'orge. Ses fragments resteront donc au-dessus du bluteau, quand on tamisera la farine de blé, tandis que, plus petits et presque microscopiques dans la farine d'orge, ils passeront avec la fécule et le gluten à travers les mailles du bluteau, et deviendront ainsi presque inséparables mécaniquement de cette farine.

1318. La preuve en grand de ce que vient de révéler l'analyse microscopique nous est fournie par l'orge perlé. On sait que cette substance se prépare principalement en Hollande, en écartant la meule, qui dès lors, au lieu d'écraser le grain d'orge, ne fait plus que le rouler sur lui-même, et, par le frottement, le dépouille de son péricarpe et de son embryon; le grain d'orge s'offre alors sous la forme d'une boulette blanche, analogue aux petites boulettes de *sagou* (1011), d'où lui vient le nom d'*orge perlé;* et ces boulettes ne retiennent plus du péricarpe que la portion qui, étant emprisonnée dans le sillon postérieur de la graine (pl. 9, fig. 4, *a*), n'a pu être usée par la meule.

Eh bien, si l'on broie cette substance, pour en faire de la farine, on obtient une farine aussi blanche que celle du froment, et qui ne donne plus, en *hordéine*, qu'une quantité minime, équivalente à la somme des débris du péricarpe qui étaient restés inattaqués dans le sillon postérieur du grain.

1319. Ces résultats sont si simples à obtenir et si faciles à comprendre, qu'on serait tenté de croire qu'ils n'eussent pas échappé aux meuniers, aux boulangers, et à tous ceux qui ont l'habitude d'observer et de manipuler les farines. Qu'on ré-

(*) *Pour l'hordéine, enfin,* disait-il, *descendue de 55 à 12 par la germination, qu'est-elle devenue? se serait-elle transformée en amidon? Que de recherches n'exigeraient pas ces questions?* (*Annal. de chimie et de physique*, tom. V, pag. 344.)

(**) *Traité de chimie*, 1824, tom. IV, pag. 230, 304 et 315.

lise, en effet, ce mémoire à la main, les travaux qui ont eu pour objet la panification, et on croira lire, souvent en une ou deux phrases, la réfutation du travail si étendu de Proust (*).

« La farine d'orge, dit Parmentier (**), est presque toujours défectueuse, à cause du *son*, dont le tissu rude et coupant la rend rude au toucher ; la pâte qui en résulte est cassante et plus courte que celle du seigle, d'où il est aisé de conclure qu'elle ne peut fournir un pain bien levé. Pour tirer le meilleur parti de l'orge, il faut éloigner d'abord la meule courante, afin de concasser seulement le grain et séparer tout le son ; l'orge ainsi mondé demande à être converti en farine comme les grnaux. On en obtient plusieurs farines qui, mélangées ou employées à part, sont toutes de nature à durcir, étant combinées avec l'eau et mises en boulettes. »

« La meilleure farine, dit Mathiole (***), est celle qui n'est pas bien moulue, qui a été un peu gardée, et qui jette et rend un son gros ; car une farine trop moulue fait du pain comme s'il était du son. »

1320. Maintenant que nous avons démontré l'identité de l'hordéine avec le péricarpe des céréales, il sera facile de s'expliquer pourquoi, après la germination de l'orge, on obtient si peu d'hordéine. Le péricarpe, après la germination, s'est isolé du périsperme, dont le gluten s'est décomposé, et dont la fécule s'est sacrifiée aux dépens de l'embryon qui a crû et végété. Ce péricarpe est devenu moins cassant et plus élastique en s'imbibant d'eau. Sous la meule, il ne se broiera donc plus qu'en larges compartiments, qui ne pourront passer à travers la bluteau, et qui resteront au-dessus du tamis, sous la forme du *son* ordinaire. C'est là la cause de l'erreur qui a porté Proust à croire que l'hordéine diminuait en proportion, et que l'amidon de son côté augmentait, tandis qu'au contraire, il est évident que l'amidon diminue en se sacrifiant à la nutrition de l'embryon, et que l'*hordéine* reste stationnaire, à cause de l'incorruptibilité de la résine, qui remplit les cellules du péricarpe (pl. 7, fig. 9, *c*), et de l'inaltérabilité de la couche externe (*ibid.*, *a*, et *b*), dont les cellules ne contiennent rien qui soit capable de fermenter.

1321. Il ne faudrait pourtant pas s'attendre, avant la germination, à obtenir, dans toutes les expériences, 55 sur 100 d'hordéine, comme Proust l'indique dans son travail. Ce nombre variera considérablement, selon les procédés employés et selon le temps que durera l'expérience. Plus on lavera le résidu, plus les pellicules de la couche externe du péricarpe (fig. 4, *a*), les téguments d'amidon et les fragments de gluten monteront et resteront en suspension, en sorte qu'à force de lavages, sur 14 gros de farine d'orge, j'ai fini par ne plus obtenir qu'un gros d'*hordéine*. Mais, comme j'avais soin d'examiner les eaux de lavage au microscope, toutes les fois que je décantais, il devenait évident à mes yeux que j'enlevais, à chaque fois, des fragments nombreux des organes les plus légers de ce mélange précipité.

1322. Et c'est ici l'occasion de faire remarquer combien l'on se trompe, quand, à l'aide de l'analyse des farines par les procédés en grand, on assure avoir obtenu des quantités précises, susceptibles d'être exprimées par des fractions, et même par des unités. Le *son*, comme on vient de le voir, passe en assez grande quantité avec l'amidon ; le gluten se réunit aussi à cette substance, surtout quand il n'est pas élastique ; l'amidon, à son tour, reste emprisonné en quantité notable dans la substance du gluten ; il faut en dire autant du sucre, de l'huile, de la résine, et des fragments de l'embryon ; en sorte que tel auteur indique une quantité d'huile, tel autre ne mentionne pas même cette substance ; qu'en un mot enfin une analyse en grand est un véritable chaos, une simple approximation inutile à la physiologie, et dont les résultats peuvent tout au plus servir de guide aux procédés industriels.

1323. Je terminerai ce paragraphe en faisant remarquer qu'on pourrait obtenir ce *son* très-divisé (*hordéine*), à un état de pureté aussi grand que dans les expériences de Proust, par une simple lévigation (121). Car, délayée dans une suffisante quantité d'eau (20 fois son volume), il se forme consécutivement trois espèces de précipités superposés ; l'inférieur offre, outre tous les organes qui constituent l'*hordéine*, quelques gros sacs de fécule et des grosses sommités du grain hérissées de poil ; la seconde couche offre plus de fécule que de ces fragments, et la troisième, ou la supérieure, est la plus pure de toutes. Plus les mailles du bluteau sont fines, et plus la grosseur de ces fragments de la couche inférieure diminue ; en sorte que, par suite de quelques essais, on pourrait parvenir

(*) Notre réfutation à nous est plus longue, il est vrai ; mais cela vient uniquement de la nécessité fatale qui pèse sur la science ; les erreurs y prennent facilement racine à l'ombre des grands noms ; pour les en déraciner, il faut ensuite user d'efforts et de patience, et pousser la conviction à bout.

(**) *Parfait Boulanger*, pag. 56.

(***) *Sur Dioscoride*. Traduction de Pinet. Lyon, 1655, p. 186.

à reconnaître le degré de finesse d'une farine, par le simple mesurage de ces fragments au microscope.

§ III. *Région qu'occupent respectivement les substances organisées et organisatrices, dans une graine de céréales* (*).

1324. AVANT LA FÉCONDATION, le péricarpe renferme de la fécule (886) chez certaines céréales, et le périsperme ne renferme que de l'albumine et du sucre. Dans d'autres, l'albumine et le sucre existent simultanément dans les cellules du périsperme et du péricarpe. Les poils (1308), dont la sommité de l'ovaire est hérissée, ne renferment que du sucre, et les écailles (1309) placées à la base de cet organe contiennent, avec le sucre, de l'albumine. Les stigmates ne renferment que de la gomme, que protége, contre l'action de l'eau, l'imperméabilité des parois de leur tissu cellulaire. La résine verte existe à cette époque dans la couche interne du péricarpe (1302). Grâce au réactif, dont je parlerai plus longuement à l'article *Sucre*, l'existence de toutes ces substances, dans leurs organes respectifs, se peint aux yeux, sous le microscope, sans le secours d'une bien longue manipulation.

1325. Soit, en effet, un ovaire d'orge (*hordeum hexastichon*) (pl. 9, fig. 4, *a*), dont j'ai représenté, grossis cent fois, un fragment de stigmate (fig. 9) et les écailles basilaires (fig. 10), avec l'épaisseur qui les caractérise à cette époque, vues par derrière (*c*) et vues par devant (*c'*). Que l'on dépose cet ovaire dans la cavité d'une lame de verre remplie d'acide sulfurique, et que l'on recouvre à frottement avec une lame simple, on ne tarde pas à voir (pl. 9, fig. 3) les poils (*b, c, d, e*) se colorer en jaune, se contourner (*d*), s'enfler çà et là comme par des impressions digitales (*d*), et les autres enfin crever par le bout (*e*). La panse de l'ovaire (*a' a'*), ainsi que le jeune périsperme que l'on avait enchâssé dans le centre du péricarpe, comme un ovale dans un cœur, se colorent en purpurin de la plus belle nuance, et l'épiderme même (*a a*) contracte une légère couleur purpurine. Les écailles (fig. 10, *cc'*) se colorent de même. Mais les papilles du stigmate (fig. 9, *b*, et 3, *gg*) au lieu de se colorer, laissent suinter seulement des gouttelettes limpides, incolores (fig. 3, *hh*). L'albumine et le sucre existent donc simultanément dans toute la capacité de l'ovaire et dans la substance des écailles. Si l'on ajoute à l'acide sulfurique de l'albumine, les poils se colorent en purpurin : ils renferment donc du sucre. Quant aux stigmates, ni l'albumine, ni le sucre ne parviennent à communiquer à l'acide sulfurique la propriété de les colorer en purpurin. D'un autre côté, l'alcool n'enlève rien aux stigmates intègres ; donc leurs papilles ne renferment ni sucre, ni albumine, ni huile, ni résine ; et les gouttelettes qui en suintent ne sont que de la gomme plus ou moins mucilagineuse.

1326. Si l'on détache du péricarpe (*c*, fig. 2) d'un ovaire frais le périsperme (*b*) que l'on voit enchâssé, comme un ovale, dans le sein du péricarpe affaissé par l'acide sulfurique, et que l'on place ce corps turbiné sur l'acide sulfurique, on le voit (fig. 5) se colorer en purpurin, à l'exception de son épiderme (*bb*), qui se colore en jaune. Le mamelon (*a*) où doit se former l'embryon est imperforé évidemment, ainsi que je l'ai déjà démontré par des dissections multipliées (**), et que le démontre encore mieux la réaction de l'acide sulfurique. Car, dans cet acide, une perforation se révèle avec une évidence frappante ; le grain de pollen (fig. 6, *aa*) en offre un exemple. L'épiderme du périsperme (fig. 5, *bb*), qui, avant la fécondation, n'est, en apparence, qu'une couche parsemée de cellules, correspond à la couche de cellules hexagonales, que nous retrouvons, à la maturité de la graine, sur toute la périphérie du périsperme (1303).

1327. L'ovule d'une foule d'espèces des diverses familles de végétaux se comporte, dans l'acide sulfurique, comme le périsperme non fécondé des céréales, organe qu'on peut regarder comme l'équivalent de l'ovule.

1328. A LA MATURITÉ DE LA GRAINE, les stigmates desséchés se sont détachés du sommet. Les poils se sont vidés en partie. La couche blanche du péricarpe (pl. 7, fig. 2, *a'*, fig. 7, 8, 9, 10, *a*) ne renferme plus aucune substance soluble que l'alcool, l'acide sulfurique concentré ou l'eau, puissent lui enlever. C'est du ligneux tout pur (1102). La couche intérieure du même péricarpe (fig. 4, *b*) est entièrement résineuse, et se dépouille, par l'alcool, de toute la résine jaune que renferment ses cellules. Je ne sais point encore à quelle substance il faut attribuer l'opacité des cellules

(*) Pour la complète intelligence des réactions que je vais mentionner, je renvoie le lecteur à l'article du *sucre* (groupe des *substances organisatrices*). — *Annal. des sciences d'observat.*, tom. Ier, pag. 72, 1829.

(**) Voyez mon *Mémoire sur la perforation de l'ovule* (*Mém. du muséum d'hist. nat.*, tom. XIV.) — *Annal. des sciences d'observat.*, tom. I, p. 89, et tom. III, pag. 95. — *Nouv. syst. de physiol. végét. et de bot.*, § 1121.

hexagonales du *test* (1305). Le périsperme renferme le gluten, l'amidon (1229), et, ainsi que l'indique la réaction de l'acide sulfurique (1325), du sucre et de l'huile, qui abondent dans le maïs. L'embryon (pl. 7, fig. 1 et 2, *b*), outre la substance verte de la pinnule (1310) et de la nervure du cotylédon, renferme encore de l'huile et du sucre avec de la gomme. L'huile abonde chez l'embryon du maïs.

1329. Quant aux proportions en grand de toutes ces substances, dans une farine donnée, nous allons les évaluer dans le paragraphe suivant; mais ces proportions, par toutes les raisons ci-dessus exposées (1322), ne peuvent être considérées que comme des approximations utiles à l'industrie.

§ IV. *Applications pratiques de toutes les observations précédentes à la mouture, à l'analyse, et à l'emploi des farines.*

1330. Davy a, le premier, signalé à l'attention des chimistes, l'influence qu'exerce le climat sur les quantités respectives des matières qui rentrent dans la structure d'une graine. Il a fait voir, toutes choses égales d'ailleurs, que les blés du Midi renferment plus de gluten que ceux du Nord, ce qui signifie, d'après nous, que le tissu cellulaire des uns se prête mieux à la malaxation que celui des autres. Mais ces différences se montrent, et dans des limites considérables, entre les divers blés cultivés dans le même climat, selon la nature du terrain, la qualité et l'abondance du fumage; ce qui fait qu'une analyse chimique ne doit jamais être considérée comme exprimant une loi générale de composition, alors même qu'il arriverait, par impossible, que nos procédés d'analyse fournissent des résultats plus dignes de confiance.

1331. Froment.—Proust a trouvé que 100 parties de froment donnaient :

Résine jaune.	1,0
Extrait gommeux et sucré.	12,0
Gluten.	12,5
Amidon	74,5

La résine jaune provient du péricarpe (1328) : l'embryon donne une résine verte qui a échappé à Proust. Mais, outre toutes ces substances, il existe, dans les farines les plus pures, des débris du péricarpe et de l'embryon, qui ont dû passer sur le compte de l'amidon et du gluten. L'huile a été perdue de vue, parce que ses globules montant en suspension, accroissent la masse de l'extrait, ou imprègnent le gluten et en sont absorbés. L'extrait gommeux et sucré est une espèce de chaos chimique, sous le nom duquel on désigne les mélanges dont on ne veut pas se donner la peine d'isoler, par l'analyse ou la pensée, les divers éléments. Dans l'extrait de Proust, on aurait trouvé du gluten dissous, des téguments de féculе, des parcelles indissoutes de gluten, du péricarpe, des globules oléagineux en suspension, enfin de la gomme et du sucre, éléments dont l'analyse en grand était incapable de soupçonner le mélange, et qui devaient nécessairement s'offrir au chimiste sous l'apparence d'une unité.

Vogel retire les nombres suivants de l'analyse des *Triticum hibernum* et *Triticum spelta* des bords du Danube :

	Triticum hibernum.	*Triticum spelta.*
Fécule.	68	74
Gluten non desséché	24	22
Sucre gommeux. . .	5	5,50
Albumine végétale. .	1,5	0,50

Phosphates terreux et autres sels, quantité indéterminée.

Il en est, du sucre gommeux de cette analyse, comme de l'extrait gommeux de l'analyse précédente. Quant à l'albumine végétale, elle est un double emploi du sucre gommeux et du gluten non desséché; on doit la retrouver avec tous ses caractères dans ces deux derniers produits; et ces deux derniers produits doivent se retrouver également dans le poids de cette prétendue albumine végétale (1275). Ici nulle mention de résine, d'huile et de ligneux.

Vauquelin a publié les résultats de ses analyses comparatives, sur la farine de froment, dans le tableau suivant :

NOMS DES FARINES.	HUMIDITÉ.	GLUTEN.	AMIDON.	MATIÈRE SUCRÉE.	MATIÈRE GOMMO-GLUTINEUSE.	SON RESTÉ SUR LE TAMIS.
Farine brute de froment.	10	10,06	71,49	4,72	3,32	
— de méteil (seigle et froment).	6	0,80	75,50	4,22	3,28	1,20
— brute de blé dur d'Odessa. . .	12	14,55	56,50	8,48	4,90	2,30
— brute de blé tendre d'Odessa.	10	12,00	62,00	7,30	5,80	1,20
— *idem*, deuxième qualité. . .	8	12,10	70,84	4,90	4,60	
— de service dite de seconde. . .	12	7,30	72,00	5,42	3,30	
— des boulangers de Paris . . .	10	10,20	72,80	4,20	2,80	
— des hospices de uxième qualité.	8	10,30	71,20	4,80	3,60	
— *idem*, troisième qualité . . .	12	9,02	67,78	4,80	4,60	

Ces nombres, qui affectent les caractères d'une certaine précision, ne se présenteraient pas deux fois sur cent analyses de la même farine, exécutées exactement d'après les procédés de Vauquelin. En pratique, ils ne doivent être considérés que comme des évaluations approximatives; en théorie scientifique, ils n'ont aucune valeur. L'*humidité* ne représente nullement la quantité d'eau étrangère à la constitution chimique des éléments de la farine. Le *gluten* a emprisonné de l'amidon et un peu de tout dans son tissu. L'*amidon* a emporté, en se précipitant, du gluten et de tout le reste. La matière *gommo-glutineuse* est un mélange de gluten, tenant en suspension ou en dissolution de la gomme, du sucre, de l'huile, et des téguments de la fécule. La *matière sucrée* n'est pas seulement du sucre, mais elle est un peu de tout, et elle revient à l'*extrait gommeux et sucré* de Proust, et au *sucre gommeux* de Vogel; autant aurait-il valu réunir, sous la même dénomination, la 4e et la 5e colonne.

Zeoneck a donné une analyse comparative du *Triticum monococcon*; il a trouvé dans :

	La farine non tamisée.	Farine tamisée.
Gluten et album. végét.	16,334	15,556
Amidon.	64,858	76,459
Gomme, sucre et extrait	11,347	7,108
Enveloppes.	7,481	0,807

Nous aurons lieu plus bas de donner un exemple plus saillant encore du bonheur avec lequel l'auteur aborde les décimales; nous nous contenterons de faire remarquer que l'article qui comprend gomme, sucre et extrait, aurait pu fournir une liste de produits un peu plus longue. Berzélius ne conçoit pas comment, par le tamisage, il a pu disparaître des quantités aussi grandes de gluten, d'albumine et de matière extractive; cela est pourtant bien facile à concevoir aux yeux de ceux qui auront jeté le plus légèr coup d'œil sur ce qui précède : le gluten étant un tissu se brise, à sec, en parcelles de divers diamètre, mais qui peuvent être d'une plus grande dimension que le grain d'amidon; ces parcelles resteront donc sur le tamis, dont les mailles livreront passage à la fécule; après le tamisage, on trouvera donc une plus grande proportion de fécule et une moindre proportion de gluten. Mais le gluten ne s'isole pas, par la mouture, de ce qui adhérait à ses parois, pendant qu'il élaborait sous forme de tissu; le sucre et la gomme ne s'en détacheront donc pas comme la fécule, et il en retiendra toujours avec lui de grandes quantités, qui le suivront à travers le tamis. L'extrait résineux appartenant au péricarpe et à l'embryon, restera sur le tamis avec ces deux ordres de substances; tout cela ne demande pas une longue théorie pour être facile à concevoir.

1332. AVOINE. — Vogel en a trouvé la farine composée de :

Fécule.	59
Albumine.	4,50
Gomme.	2,50
Sucre et principe amer.	8,25
Huile grasse.	2
Sels, quantité indéterminée.	

L'*albumine végétale* équivaut ici au gluten; car Davy trouve, lui, 6 pour 100 de gluten dans la farine d'avoine. Dans la farine analysée par Vogel, le gluten s'est montré dissous par un acide; il s'est montré malaxable dans la farine analysée par Davy. Quel singulier amalgame qu'une quantité élémentaire qui porte en titre *sucre et principe amer*, deux produits que le palais des gourmets aurait de la peine à découvrir ensemble!

Quelle plus singulière méthode, que celle qui s'applique à préciser des nombres, pour en laisser 24 sur 100 à une quantité indéterminée de sels !

1333. Seigle. — D'après Einhoff, 3840 parties de seigle se composeraient de :

Enveloppe.	930
Humidité.	390
Farine.	2520

Mais il serait impossible d'éliminer toute l'humidité étrangère au grain, sans désorganiser la majeure partie des tissus de la semence ; et, par les procédés de mouture, il serait impossible d'obtenir séparément toute la partie corticale, que l'auteur désigne sous le nom d'enveloppe, et qui revient à ce que l'on appelle ordinairement son. Nous avons déjà eu l'occasion de remarquer combien il s'en trouve dans les farines les plus pures (1322).

D'après le même auteur, la même quantité de farine contiendrait :

Albumine.	126
Gluten non désséché.	364
Mucilage.	426
Amidon.	2345
Sucre.	126
Enveloppe.	245
Perte.	208

L'albumine et le mucilage sont des doubles emplois plus ou moins impurs du gluten ; les débris de l'enveloppe ne sont pas tous dans la quantité signalée; le gluten, le mucilage et l'albumine végétale en renferment certainement des proportions, qu'avec des procédés un peu délicats on aurait pu constater assez facilement.

Nous ne joindrons pas à ces détails l'analyse du *seigle ergoté*, qui n'est plus une semence, mais un développement fongueux de l'ovaire; car il nous serait impossible de nous reconnaître dans le luxe des chiffres et des dénominations arbitraires, avec lesquelles les auteurs composent, dans leur cabinet, la liste des produits qu'ils attribuent à la nature.

1334. Orge.—Einhoff a établi que l'orge mûre se compose de :

Eau.	11,20
Enveloppe ou son.	18,75
Farine	70,05
	100,00

Que 100 parties de farine se composent de :

Eau.	9,37
Amidon et gluten réunis .	67,18
Fibre mêlée à du gluten et de l'amidon	7,20
Albumine végétale coagulée par la chaleur . . .	1,15
Gluten dissous	5,52
Sucre	5,21
Gomme.	4.62
Phosphate de chaux . . .	0.24
Perte	1,42
	100,00

Fourcroy et Vauquelin avaient trouvé 1 p. 100 de l'huile volatile des liqueurs fermentées, en laissant de la farine en digestion dans une grande quantité d'alcool, qui se colorait en jaune, et dissolvait en même temps 7 pour 100 de sucre. Cette huile ne figure point dans l'analyse d'Einhoff. Mais la résine du son ne figure ni dans l'un ni dans l'autre.

Le gluten dissous ne diffère de l'albumine coagulée qu'en ce que les sels, qui ont neutralisé le dissolvant acide de celle-ci, n'ont pas existé dans le liquide, pour neutraliser la quantité d'acide qui servait à dissoudre la premier.

Ces deux substances ne diffèrent du gluten mentionné dans le deuxième et le troisième chiffre, que parce que l'acide, qui servait de dissolvant à l'albumine prétendue et au gluten dissous, n'était pas assez abondant pour dissoudre le gluten insoluble.

Le gluten n'étant pas malaxable dans l'orge, il est difficile d'en établir, même approximativement, les proportions, et il doit se précipiter à l'égal de l'amidon. Mais, par le procédé des amidonniers, la fermentation développant un acide capable de dissoudre toutes les substances de la farine autres que l'amidon, on parviendra approximativement à connaître les proportions de l'amidon et du gluten, par le poids de la première substance que son insolubilité permettra d'obtenir, au moyen des lavages, à un état suffisant de pureté; car, en défalquant du poids total de la farine, la quantité de sucre et de gomme qu'on aura recueillie à froid, et la quantité d'amidon qu'on aura extraite par la fermentation, le restant pourra représenter approximativement la quantité de substance glutineuse qui entrait dans la composition de la farine.

1335. Riz.—Le riz nous arrive, après avoir été

soumis aux procédés de décorticage, dont les chocs ont fait tomber l'embryon et les premières couches du péricarpe ; le gluten n'en est pas malaxable ; aussi joue-t-il, dans les analyses exécutées d'après l'ancienne méthode, le rôle d'un protée qui prend toutes les formes et reçoit différents noms. La fécule provenant de la semence écrasée, se présente, au microscope, anguleuse et à facettes, ce qui indique qu'elle a subi dans la semence une grande compression, que les grains y adhéraient fortement ensemble, et partant doivent avoir été grandement endommagés par la mouture. Au grossissement de 350 du microscope double, ils ont une grandeur apparente de 4 millimètres, ce qui donnerait pour leur grandeur réelle $\frac{1}{90}$ environ de millimètre; mais au grossissement de 100 diamètres de mon ancien microscope (1007), leur grandeur réelle serait moindre encore.

1336. Braconnot ayant analysé comparativement le riz de la Caroline et celui du Piémont, a trouvé :

	Dans le riz de la Caroline. Grammes.	Dans le riz du Piémont. Grammes.
Eau.	5,00	7,00
Amidon.	85,07	83,80
Parenchyme . . .	4,80	4,80
Matière végéto-animale.	3,60	3,60
Matière gommeuse voisine de l'amidon.	0,71	0,10
Huile	0,13	0,25
Phosph. de chaux.	0,40	0,40
Chlorure de potassium et phosphate de pot., acide acétique, sel végétal à base de chaux, sel végétal à base de potasse, soufre : des traces.		

1337. D'après Vogel, le riz ordinaire contiendrait :

Fécule.	96,00
Sucre.	1,00
Huile grasse	1,50
Albumine.	0,20
Sels, quantité indéterminée.	

Vauquelin n'a pas rencontré de matière animale dans le riz.

1338. L'albumine de Vogel est une fraction de la matière végéto-animale de Braconnot, et cette expression équivaut à matière azotée dissoute par l'acide acétique. La matière gommeuse, voisine de l'amidon de Braconnot, n'est que la substance de l'amidon lui-même, mise à nu par le brolement et la mouture du riz. Quant à l'amidon, dont le chiffre varie si largement dans les deux analyses, c'est un mélange d'amidon et du gluten non malaxable, qui se précipite avec l'amidon. Enfin, cette quantité variera à chaque analyse, selon qu'on différera plus ou moins d'isoler les produits, et selon qu'ils resteront soumis plus ou moins longtemps à la température ordinaire; car, en été, le moindre retard suffira pour développer, dans le mélange, de l'acide acétique, qui dissoudra en plus ou moins grande quantité le parenchyme glutineux, et l'associera ainsi, soit au sucre, soit à l'huile, soit à la substance soluble de l'amidon.

1339. Farine de sarrasin (1034). — D'après Zenneck, elle se composerait de :

Fibre végétale	26,9451
Fécule	52,2954
Gluten	10,4734
Albumine.	0,2272
Matière extractive oxygénée	2,5378
Matière extractive avec sucre.	3,0681
Gomme avec mucilage	2,8030
Résine.	0,3656
Perte	1,2884
	100,0000

Cette analyse date de 1830 ! Ce luxe de décimales a des prétentions au moins outrecuidantes ; nos auteurs français n'avaient pas porté, en analyse végétale, leurs prétentions si haut. La fibre végétale, c'est le péricarpe et le test, qui n'est rien moins que fibreux. La résine provient des débris les plus fins de ce son échappé au tamisage; l'albumine n'est autre qu'une dissolution du gluten ; mais qui pourrait nous dire ce que c'est que la gomme avec mucilage, la matière extractive oxygénée et la matière extractive avec sucre ? Il y a là de l'étoffe pour tailler vingt substances de plus; et il nous semble que, quand on affronte avec tant de hardiesse les décimales, il

y a par trop de modestie à reculer devant le nombre des produits.

1340. Pois, haricots, fèves, etc. (1020). — Les légumineuses offrent une composition analogue à celle des céréales, en ce que, dans leurs cotylédons, elles possèdent abondamment de la fécule et du gluten; mais celui-ci y prend différents caractères, selon que, pendant la durée de la germination et de la manipulation, il se développe un acide plus ou moins abondant. Aussi chez les unes le gluten se trouve-t-il malaxable, chez les autres est-il en suspension et non susceptible d'être malaxé; enfin chez d'autres, se présente-t-il au microscope, sous forme de globules oléagineux (1285), qui se coagulent et s'agglomèrent entre eux par la présence d'un alcali; il prend alors, selon l'inspiration des auteurs, les noms de gluten, matière végéto-animale, albumine, mucilage, etc. Cette considération nous dispense de faire suivre les analyses suivantes, par de plus amples développements.

1341. D'après Einhoff, on trouverait :

	Dans les pois.	Dans les fèves.
Matière soluble. . .	540	600
Amidon.	1265	1312
Matière végéto-animale	559	417
Albumine.	66	31
Sucre.	81	0
Mucilage	249	177
Matière amylacée fibreuse et envelop.	840	996
Extractif soluble dans l'alcool . . .	0	156
Sels.	11	37,5
Perte.	229	135,5
	3840	3840,0

1342. D'après Braconnot (1282), l'analyse des haricots présente :

Eau	23,00
Amidon.	42,34
Gluten.	18,20
Substance nitrogénée gommoïde	5,36
Acide pectique	1,50
Graisse jaune	0,70
Sucre	0,20
Phosphate et carbonate de chaux et de potasse	1,00
Fibrine amylacée	0,70
Enveloppes	7,00
	100,00

1343. Il nous semble que l'emploi de quelques gouttes d'ammoniaque restituerait au gluten de certaines semences farineuses, la ductilité et le collant qui le distinguent chez les céréales, et que, chez d'autres graines, l'imprégnation de la farine avec une certaine quantité d'huile fixe, rendrait cette substance glutineuse susceptible d'être recueillie par la malaxation.

1344. Conclusion. — En résumé, sous le rapport scientifique, ces analyses sont pires que des erreurs de calcul, ce sont des erreurs de méthode. En pratique et dans l'intérêt de la fabrication, elles ne sauraient fournir une seule donnée susceptible d'être généralisée. La composition des semences variant selon le climat, la nature du sol, et les procédés de culture, c'est à l'industriel à chercher, dans les analyses de son fait, les bases d'une appréciation utile; mais qu'il procède à l'analyse, en suivant la ligne tracée par la nouvelle méthode, s'il veut se rendre compte des anomalies, et ne manipuler qu'en connaissance de cause. Quant à l'homme de science, il est, je crois, inutile de lui faire observer aujourd'hui qu'on ne saurait désormais poursuivre l'étude des semences, d'une manière utile à la philosophie de la science, que par l'alliance de l'anatomie, de la chimie et de la physiologie; tout divorce entre ces trois sciences mène à l'absurde, en menant à la confusion.

1° *Influence de la culture sur la richesse du périsperme des céréales.*

1345. Les graines féculo-glutineuses sont d'autant plus riches en farine, que leur périsperme est plus dur, moins cotonneux et plus corné; la substance de cet organe ressemble alors à un fragment d'agate; tels sont spécialement les blés d'Odessa. Dans les terrains moins favorisés par la culture et par le climat, le périsperme est blanc, cotonneux à l'œil, friable sous les doigts, cloisonné par des crevasses assez volumineuses. A volume égal et à forme égale, cette dernière sorte de grains doit être moins riche en farine que la première, et doit avoir un poids d'autant moindre, que les différences entre les deux sortes de grains seront plus tranchées. Aussi voit-on les céréales varier de volume et de poids, selon qu'elles ont été cultivées dans un sol plus ou moins riche, sous un climat plus ou moins chaud, et que la saison a été plus ou moins favorable. Nous en avons un exemple frappant dans les environs de Paris. Les blés de la plaine gypseuse de Saint-Denis, en effet, ne

pèsent en moyenne que 68 kilogr. l'hectolitre, tandis que les céréales de même nom venues dans les plaines argilo-calcaires de Vaugirard, pèsent en moyenne 75 kilogr. l'hectolitre; différence entre les deux : 7 kilogr.

1346. La différence de poids, entre les diverses espèces botaniques de céréales, provient encore des différences de leurs configurations respectives. La forme des grains, chez les unes, est telle, qu'il reste de plus larges lacunes dans l'interstice de chacun d'eux. Les poils qui hérissent leur surface sont plus longs ou plus touffus chez ceux-ci que chez ceux-là, et tiennent par conséquent les grains à une plus grande distance. D'autres, comme l'avoine et l'orge, sont emprisonnés dans la double paillette, qui les enveloppe, comme une espèce de cornet, et qui diminue d'autant, par sa présence, le poids de la masse.

1347. De là vient que la moyenne en poids, de l'hectolitre des céréales et semences farineuses, a été trouvée en France :

Pour le froment	de 75 kilog.
le méteil (froment et seigle).	72
le seigle	70
l'orge	64
l'avoine.	47
la sarrasin.	65
maïs et millet.	67
légumes secs.	78
menus grains.	76

1348. Dans l'état actuel de notre constitution atmosphérique, il paraît que les céréales peuvent dégénérer à l'infini dans les mauvais sols, mais qu'en s'améliorant dans les terres qui leur conviennent, elles ne dépassent jamais une certaine limite, qui est restée la même depuis plus de trois mille ans. La culture a la puissance de multiplier les jets, les épis et les grains de l'épi, en sorte que l'hectare qui, là, sur un sol ingrat, ne produit que 4 hectolitres, en produira jusqu'à 36 sur un sol mieux constitué; mais elle ne saurait ajouter 1 millimètre de plus aux dimensions de la semence, une fois que celle-ci est arrivée à son antique maximum. Les céréales des tombeaux égyptiens, qui devaient certainement appartenir à la meilleure qualité du pays, ne diffèrent point sous ce rapport de nos meilleures espèces modernes (1035). Les Arabes avaient fondé sur ce fait une partie de leur système métrique : le doigt (mesure de longueur adoptée par ce peuple) se divisait en 6 grains d'orge placés sur le dos et l'embryon en dehors; leur grain d'orge équivalait à 31 millim. 33, ce qui est encore la dimension de notre céréale en largeur. La mesure du grain d'orge se divisait en 6 crins de chameau, qui ont encore aujourd'hui $\frac{1}{6}$ du grain d'orge (*).

2° *Théorie de la mouture des céréales.*

1349. La routine a presque seule appris tout ce que l'on sait et indiqué ce que l'on pratique en meunerie; c'est ce qui fait que cet art a marché si lentement dans la voie du progrès. A force d'essais et de tâtonnements, on a poussé assez loin aujourd'hui la perfection des procédés; mais on y serait arrivé bien plus tôt, et maintenant on irait encore bien plus vite en perfectionnements, si ceux qui s'appliquent à améliorer les machines et les procédés, se faisaient d'avance une idée exacte de la structure anatomique, et de la composition chimique des grains des céréales.

1350. La mouture, en effet, a pour but de séparer la farine de tous les corps, qui en altèrent la blancheur et la finesse. Pour arriver à ce résultat, il faut écraser le grain et le réduire en poudre, puis isoler, par le *tamisage* ou *blutage*, la farine à l'état de la plus grande pureté, vu que le pain est d'autant plus blanc, d'autant mieux levé, et partant d'une digestion d'autant plus facile, que la farine renferme moins de détritus étrangers à sa qualité. Nous avons vu (1228), que la farine des céréales résidait pure et sans mélange dans le périsperme, qui occupe presque toute la capacité du grain. Nous avons vu aussi que l'embryon et la portion corticale ou péricarpe n'en renferment pas un atome. Tout le secret de la mouture doit être d'attaquer ces trois ordres de substances, de manière que le tamis retienne les deux impures, et laisse passer l'autre dans son intégrité.

1351. Or si le grain est broyé d'une telle force que le péricarpe et l'embryon soient divisés en parcelles aussi menues, aussi microscopiques que les parcelles périspermatiques, le tamis ne séparera rien, vu que ses mailles ne changeront pas de dimension avec la nature des substances, et qu'elles ne sont propres qu'à séparer des grandeurs. Le son passera alors avec la pure farine, de manière à ne pouvoir plus en être séparé. C'est pour cela qu'on a la précaution de tenir les meules écartées à une distance telle, que le grain crève pour ainsi dire en éclats, et ne soit pas pulvérisé en une fine poussière. De cette manière le

(*) *Métrologie ancienne et moderne* de Saigey, pag. 78.

péricarpe se divise en larges fragments, et reste, en qualité de son, au-dessus du *blutoir*, à travers les mailles duquel passe la farine. Mais il est des grains, tels que l'orge (1316), que cette précaution ne préserve pas d'un tel accident. Leur péricarpe se pulvérise comme le périsperme, par le choc seul des meules, et la farine en passe presque toute aussi bise que du son. Nous avons fait remarquer que cette différence d'effet tient à la différence du caractère botanique. Le grain de froment est, en effet, resté exposé à l'air et au soleil, hors de ses enveloppes. L'orge, au contraire, est intimement recouverte de ses paillettes, qui adhèrent à la surface externe du péricarpe, comme un péricarpe de surcroît. D'où il advient que, chez le blé, le péricarpe plus dur, et plus consistant, forme une unité plus distincte du périsperme, que chez l'orge; et qu'il éclate par le choc en plus larges fragments.

1352. Si, dans la mouture du froment, l'on tient la *meule tournante* trop écartée de la *meule dormante*, on évite, il est vrai, la pulvérisation du péricarpe, mais on divise aussi le périsperme en fragments très-gros, qui restent perdus et confondus avec le son sur le *bluteau*; on ne retire alors en farine qu'une quantité inférieure à celle que possédait le grain. Il a fallu bien des années, pour persuader aux consommateurs que ce *son* de rebut renfermait une bonne farine, qui, par un meilleur système, serait dans le cas d'être économisée. De là l'origine de la mouture économique, et de la fabrication des farines de *gruau* de *sassage*. L'étude anatomique de ce *son*, dès les premiers moments, aurait mis sur la voie du perfectionnement, et aurait porté la conviction dans les esprits les plus rebelles; on se serait assuré tout d'abord qu'à chaque parcelle de péricarpe, restait attachée une large plaque de la portion la plus externe et la plus dure du périsperme, qui restait ainsi sur le tolle, faute d'avoir été pulvérisée. Aujourd'hui l'on remet sous la meule cette masse de gruaux, et l'on en retire, par une série assez nombreuse de tamisages à la main, vulgairement dits *sassages*, une farine supérieure du quart en valeur à la farine ordinaire. Le *blutage* mécanique ne saurait remplacer, dans cette opération, le *sassage* à la main; car il faut un certain tour de main et une certaine habitude, pour faire monter et tenir constamment à la surface, les petits fragments de son, qui passeraient avec la farine, si l'on n'imprimait pas au tamis un mouvement propre à les amener à la surface, par suite de leur légèreté spécifique.

1353. Le choc subi par le grain que broie la meule tournante ne saurait s'effectuer, sans dégager de la chaleur; et ce dégagement sera d'autant plus considérable que les deux meules horizontales seront plus rapprochées, que la masse broyée sera plus épaisse et le frottement plus prolongé. Or, à un certain degré, cette élévation de température ne saurait manquer d'altérer la qualité de la farine; car le gluten se coagule, il devient rigide et perd son élasticité à la température de 100°. Ajoutez à cela, qu'un frottement trop prolongé, entre deux surfaces hérissées d'aspérités siliceuses, doit éventrer et déchirer un plus grand nombre de grains féculents. C'est là le double inconvénient qu'on est parvenu à éviter par l'introduction des *meules rayonnantes*, dites *meules à l'anglaise*.

1354. Les *meules* sont des pierres circulaires taillées dans les meulières siliceuses; les pierres calcaires seraient trop tendres pour ce frottement, et la farine ne manquerait pas d'être terreuse et craquante. L'une des deux, l'inférieure, est placée horizontalement et à demeure; l'autre au contraire, du même diamètre, tourne sur son axe, parallèlement à celle-ci, à une distance que l'on peut diminuer ou augmenter à volonté. Si les deux surfaces qui sont en présence étaient unies et lisses, on conçoit que le grain roulerait entre elles sans se concasser, ou bien ne ferait que s'aplatir, sans se pulvériser; il passerait pour ainsi dire au laminoir. De là la nécessité de les piquer assez souvent au marteau, pour les recouvrir d'aspérités aiguës, lorsque leur surface commence à s'user au frottement. Ces aspérités font, dans leur mouvement de rotation, l'office d'autant de petits marteaux, qui concassent d'un choc, et n'écrasent pas de leur poids; qui brisent plus vite et échauffent moins par le frottement; car les grains une fois concassés, peuvent se refroidir d'autant, en se logeant dans les intervalles. Le rayonnement des meules, en augmentant la puissance du choc et la largeur des interstices, a permis de diminuer le diamètre des *meules*, et d'en augmenter la vitesse, sans échauffer autant le grain; ajoutez à cet avantage, que par ce moyen, les grains étant concassés d'un coup plus brusque, le son se subdivise en plus larges fragments, et que partant la farine passe plus blanche au blutage. Ces meules se nomment rayonnantes, et ne diffèrent des meules ordinaires, qu'en ce qu'au lieu d'être *piquetées* au hasard, elles sont creusées de sillons qui rayonnent et s'élargissent du centre à la circonférence; les rayons en sont taillés en biseau. Il est facile de concevoir que sous

un appareil semblable, le grain est moins broyé et moins échauffé par le frottement; que le son casse et ne se pulvérise pas, et qu'ainsi la farine, qui se pulvérise au moindre effort, passe à travers les mailles du bluteau, pure du son que l'autre système pulvérisait en grande quantité, tout aussi finement qu'elle.

Dans la belle usine de Gaume, à Mouroux, près Coulommiers, nous avons constaté, l'été de 1834, que par la mouture à l'anglaise, la farine arrive dans le sac qui la recueille au sortir des meules, avec la température de 35° centigrades.

1355. La *mouture* dite à *l'anglaise* l'emporte donc, par deux avantages importants, sur la mouture ordinaire, en ce que le *son* et l'*embryon* n'y sont point pulvérisés, mais concassés en larges fragments, et par conséquent il en passe moins dans le *blutage*, et en ce que la farine supporte une moins grande élévation de température; ce qui donne nécessairement une farine plus blanche et qui a plus de corps (1316).

1356. Mais ce n'est pas là que la prévoyance de la pratique s'est arrêtée. Avant de perfectionner la mouture, il était de toute raison de perfectionner le *vannage*; car avant de réduire les céréales en farine, il faut être sûr qu'il n'entrera dans la farine que la substance des céréales. Le *tarare* et le *ventilateur* produisent ce résultat à un degré de perfection, dont le travail à la main n'aurait jamais pu approcher. Du faite de l'établissement, le grain descend, sous le souffle d'un ventilateur à volant, qui chasse au loin tout ce qui est plus léger que lui; il passe d'étage en étage, sur des cribles de tôle, dont les uns retiennent tout ce qui est plus gros que lui, et les autres laissent passer tout ce qui est d'un plus petit diamètre, et qui tous, dans leurs mouvements de va-et-vient, ajoutent encore à la puissance du choc, pour dépouiller le grain, des poils qui adhèrent à la sommité de l'épiderme, et de toute la portion de l'épiderme qui ne tient à rien. Quand le grain est aussi peu mélangé que s'il avait été trié à la main, et aussi lisse qu'un gravier roulé, il est déversé, par une trémie, sur le centre de la meule tournante, qui, creusée en forme d'entonnoir, l'éparpille entre les deux meules, où il s'écrase en farine.

1357. Il est évident qu'à la suite de toutes ces précautions, si la farine est *piquetée*, elle ne saurait l'être que par le son ou l'embryon. Si l'on s'est pénétré de ce que nous avons dit sur la structure des grains et surtout du grain de blé (1308), on concevra que plus le grain tombera de haut, et plus il perdra d'impuretés dans sa chute, que plus le ventilateur soufflera fort, moins avec le grain il passera de la poussière et des débris qui se sont détachés de sa surface; qu'enfin plus le frottement sera énergique, et plus le grain se dépouillera de tout ce qui est dans le cas de piqueter la farine.

1358. Mais alors toute l'attention du meunier devra se porter sur le moyen de séparer la partie corticale, le péricarpe (1302) en plus larges fragments, afin qu'il passe moins de son dans le *blutage* (*). Outre les procédés de mouture qui favorisent ce résultat, et dont nous avons parlé plus haut, on le réalise encore par une préparation fort usitée, surtout dans le midi de la France, et dont on s'était peu rendu raison jusqu'à ce jour. Les habitants du Midi ne jettent jamais le grain à la meule, sans l'avoir passé à l'eau, pour en enlever à l'écumoire tout ce qui surnage à la surface; les meuniers du pays ne voient pas d'autres effets dans cette opération; mais les meuniers du Nord se sont convaincus, par une observation mieux raisonnée, que ce lavage contribue à la blancheur de la farine; en voici la raison : Tout le monde sait qu'un tissu végétal se réduit d'autant plus facilement en poussière, et en une poussière d'autant plus fine, qu'il a été soumis à une plus longue dessiccation. Le péricarpe des céréales donnera donc un son d'autant plus poudreux qu'il sera plus sec, et la farine de froment pourrait paraître en certains cas, par ce moyen, de la farine d'orge ordinaire (1318). En imprégnant donc le péricarpe d'une quantité d'humidité telle que, sans en être ramolli, il en devienne plus consistant, il est évident qu'il cassera sous la meule en plus larges plaques, que le *bluteau* retiendra de cette façon toutes ensemble au passage. Or un simple lavage ordinaire est dans le cas de communiquer cette qualité aux grains, et par conséquent la farine doit résulter plus blanche de cette opération préparatoire. Quelques meuniers des environs de la capitale exposent leurs grains à la vapeur d'eau, ce qui doit contribuer à rendre l'imprégnation plus prompte et plus énergique.

1359. En résumé, nettoyer les grains de tout ce qui se trouve mélangé à eux, ou de tout ce qui adhère à leur surface; les soumettre à un système de meules qui pulvérisent d'un choc la farine et brisent en éclats le péricarpe et l'embryon; *bluter* de manière que la farine seule passe à travers les mailles de l'*étamine*; c'est là le canevas de cette

(*) Le *bluteau* est un tamis cylindrique, dont la toile augmente de finesse, à mesure qu'on se propose d'obtenir une farine plus pure de son.

longue série d'opérations, que l'on désigne sous le nom de *mouture*.

1360. MOUTURE PAR LE PERLAGE. — Depuis la publication de mon travail sur l'*hordéine* (*), j'avais soupçonné qu'il serait possible de ramener la série de ces procédés si ingénieusement compliqués, à une formule pratique beaucoup plus simple, et d'obtenir ainsi, à moins de frais, une farine de plus belle qualité; et cette opinion était fondée sur ce que m'avait appris le *perlage* de l'orge (1317). En effet, la farine d'orge ordinaire est presque inséparable du son, elle en est bise, tant le péricarpe s'est brisé en fragments microscopiques. La farine que j'obtenais au contraire avec l'*orge perlé*, est aussi blanche que la plus belle farine de *gruau de sassage*. Or, le *perlage* de l'orge dépouille le périsperme de tout l'embryon, et de toute la surface corticale, de tout le péricarpe enfin, à l'exception d'une faible fraction de la nervure, qui est logée dans la rainure du grain, nervure qui sous la meule se détache d'un bloc, et partant ne passe pas avec la fine farine. En soumettant préalablement au *perlage* le blé, au lieu de l'orge, on obtiendrait donc d'un seul coup par la mouture, une farine bien plus pure que les procédés les plus riches ne seraient dans le cas de nous la donner; car la meule n'aurait plus rien à écraser qui ne fût de la fine farine, puisqu'elle n'aurait à écraser que le périsperme du grain.

1361. Le *perlage* de l'orge s'opère au moyen de petites meules horizontales de grès ou de bois, ayant environ 18 pouces de diamètre, 4 pouces d'épaisseur, et tournant sur leur axe 400 fois par minute. Chacune d'elles est enveloppée d'une chemise de tôle qui est criblée de trous comme une râpe, les bavures des trous tournées en dedans; il existe, entre les côtés de la meule et ceux de la tôle, un intervalle d'un demi-pouce environ. Au sortir du *tarare*, les grains d'orge tombent par une trémie, sur la surface supérieure de la meule, qui, en vertu de son mouvement de rotation, les lance vers la circonférence, où ils sont usés alternativement contre les surfaces verticales de la meule et de la tôle; ils se *perlent* et s'arrondissent ainsi en boules, comme le font les billes de marbre. Le déchet s'échappe en dehors, et quand on voit que les grains sont assez usés et n'offrent qu'une surface blanche sur toute leur périphérie, on les fait sortir par une soupape, pour les remplacer par une nouvelle quantité d'orge non perlé.

(*) *Mem. du Mus. d'hist. nat.*, tom. XVI, 1827.

1362. On serait porté à croire qu'un frottement aussi rapide dégage une chaleur considérable, et qui serait dans le cas d'altérer la qualité du grain. Cependant, ainsi que nous l'avons constaté dans l'usine de *perlage d'orge* de Pepin et Collé, à Lagny, en 1834, le thermomètre plongé dans le tas de perles, au sortir de la soupape, dépasse à peine 35° centig., température inférieure encore à celle que nous avons constatée sur la farine, au sortir de la *meule à l'anglaise* (1354). L'orge ainsi perlé se verse dans le commerce comme médicament. Mais en le réduisant en farine, on distinguerait difficilement celle-ci de la plus belle farine de froment; on ne s'en apercevrait qu'au pétrissage, le gluten de l'orge n'étant nullement ductile et susceptible de malaxation; et nous ne serions pas éloigné de croire que la fraude se soit emparée de nos premières révélations, pour remplacer, dans la sophistication des farines, la fécule de pomme de terre qui vaut 24 fr. les 100 kilogr., par la farine d'orge perlé, grain dont le prix s'élèverait à peine à 18 fr.

1363. Quoi qu'il en soit, en soumettant le blé à l'opération du perlage, la mouture des farines de luxe présenterait encore un large bénéfice, même alors qu'on ne pousserait pas le perlage à un point de perfection aussi élevé; et l'on obtiendrait en trois opérations une farine, qui rivaliserait avec la plus belle de celles que l'on fabrique par le *sassage* à la main; ces trois opérations seraient de *perler*, de *moudre* et de *bluter*, sauf à remettre les gruaux sous la meule, pour les réduire en plus fine farine. Ici le tarare serait inutile, puisque le *perlage*, en enlevant le plus, enlèverait à plus forte raison le moins, et qu'en plaçant sous la soupape un crible d'une certaine structure, les *perles* ayant acquis un égal diamètre, s'épureraient en passant de tout ce qui ne serait pas elles. Ces prévisions se sont amplement réalisées par les expériences que nous entreprîmes, en 1834, à l'usine de Lagny; dès les premiers blutages, les garçons meuniers avouèrent n'avoir jamais vu une farine d'une plus belle qualité; les boulangers la prirent pour une farine de *gruau de sassage*, et n'y découvrirent pas la moindre différence, les deux espèces sous les yeux. Cette farine pourtant n'avait pas été obtenue par des procédés plus délicats, que ceux de la *mouture à la grosse* ou *mouture bourgeoise*; elle avait été blutée assez grossièrement.

1364. Il est vrai que le grain ne se perle qu'au détriment d'une portion de sa substance, et que cette portion est d'autant plus considérable, qu'on

vise davantage à perler en boules sphériques. Sous le rapport du volume, notre *blé perlé* était au blé entier dans le rapport de 10 : 12, c'est-à-dire que le blé avait perdu, en se perlant, environ $\frac{1}{6}$ de son volume. Mais il avait augmenté en poids dans la proportion de 9,6 : 10, en sorte que l'hectolitre du blé perlé aurait pesé 78 kilogr., celui du blé entier étant de 75 kilogr. Ce qui se conçoit, puisque le perlage le dépouille des poils de l'épiderme et du péricarpe, et qu'en l'arrondissant il occasionne de moindres intervalles entre les grains (1346). La perte, comme on le voit, n'était pas si grande, puisqu'elle n'était prise qu'aux dépens de l'embryon et de la portion corticale, qui forment le son dans la mouture. Mais il ne serait pas nécessaire de perler le blé destiné à la farine, aussi fort que l'orge destinée à être versée, sous la forme de boulettes *perlées*, dans le commerce des drogues ; et la farine n'en serait pas moins belle, alors que la surface du grain n'en serait usée que par compartiments. Car il est certain que le perlage aurait attaqué, avant tout, toutes les portions du péricarpe susceptibles de s'émietter d'une manière un peu trop fine ; d'où il arriverait que toutes les portions du péricarpe qui auraient résisté aux aspérités du perlage, éclateraient en larges fragments sous la meule tournante, et resteraient parlant sur l'étamine, au *blutage*.

1365. Or, pour atteindre ce premier degré de *perlage*, il ne serait pas besoin d'un appareil particulier propre à perler ; il suffirait d'écarter la meule tournante ordinaire, assez pour que le grain n'en fût que roulé sur lui-même, et usé à la surface, au lieu d'être écrasé ; on vannerait ensuite les grains, avant de les remettre à la meule. Au reste, on arriverait au même résultat, en faisant ressortir du côté du grain, les bavures des trous du tarare en tôle, et en projetant fortement et de haut les grains sur cette surface raboteuse, de manière que le grain sortît à demi écorcé de cette opération ; le ventilateur le délivrerait de la poussière, du son et des balles qui peuvent l'accompagner (*).

1366. Nouveau procédé de mouture. — Enfin, si le *perlage* continuait à offrir dans la pratique la supériorité d'économie, qu'indique la théorie, et que nous avons constatée par l'expérience, nous proposerions une modification, qui réduirait les machines et les opérations à la moindre échelle possible. Les meules seraient supprimées d'un seul coup. Soit, en effet, un cylindre oblique sur son axe, en tôle criblée de trous à bavures tournées en dedans, et recevant par une de ses extrémités le grain vanné, qu'il pourrait rendre par l'ouverture de l'extrémité opposée. Que ce cylindre tourne dans un *bluteau* cylindrique, destiné à recevoir le son, à mesure qu'il tombe des trous du cylindre *décortiqueur*, et qui, après en avoir séparé la farine par le tamisage, le rejette au dehors. Si l'on imprime un rapide mouvement de rotation au cylindre *décortiqueur*, les grains lancés de parois en parois, ne manqueront pas de s'user à la surface, et de se défaire subitement de tout leur embryon, et plus ou moins lentement de toute leur portion corticale. Lorsqu'on jugera que cet effet est produit, qu'on permette au grain de couler de ce cylindre dans un second de même structure et obéissant au même mouvement, également revêtu comme d'une chemise par un *bluteau* à mailles fines. Ici le grain ne se décortiquera plus de son péricarpe et de son embryon, mais bien de la couche la plus externe de son périsperme, puis après celle-ci de la couche suivante, puis après celle-ci de la suivante, et ainsi de suite, jusqu'à ce que les dents de cette râpe ne trouvent plus à mordre sur les petits grumeaux, qui passeront à travers les trous, et iront s'arrêter sur l'étamine du bluteau, lequel les rejettera en *gruaux* au dehors, comme le premier bluteau avait rejeté le son. Afin de réduire ces gruaux en farine, on les soumettra à une meule conique tournant sur son axe horizontalement, à la circonférence d'une meule dormante, c'est-à-dire qu'on les concassera, au lieu de les moudre ; ce qui suffira pour les réduire en farine sans trop les échauffer, à moins qu'on ne désire les conserver sous cette forme, pour semoule. Le cylindre *pulvérisateur*, si je puis le désigner de la sorte, pourra être garni à l'intérieur d'aspérités plus nombreuses et plus dentées, que ne le seraient les bavures des trous du cylindre *décortiqueur*. Ce serait à l'expérience directe éclairée par l'observation physiologique, à indiquer toutes les modifications accessoires ; mais on comprendra facilement que le second cylindre ne donnerait que de la farine pure de son, et que le premier donnerait déjà une farine fine, outre le son ; quant à nous, c'est le système de mouture que nous adopterions hardiment et sans aucune crainte, si nous avions à nous occuper de cette fabrication, qui aujourd'hui s'est compliquée d'une manière si ingénieuse, mais qui cependant laisse encore tant à désirer.

1367. Il y a quelques années, on annonça dans

(*) Voy. le *Réformateur*, *Bullet. scient. et industriel*, n° 337.

les journaux, un nouveau système de mouture, fondé sur la verticalité de la roue tournante, c'est-à-dire que le grain s'y serait moulu au passage et en tombant, comme dans nos petits moulins à café. Je ne sais pas si l'on a réalisé en grand cette idée; mais elle nous paraît inexacte, en ce que bien des grains ou de grosses fractions de grains auraient passé sans mouture, en obéissant à leur propre poids, et que si, pour les empêcher de tomber, on avait un peu trop rapproché la roue des parois *dormantes*, on aurait nécessairement moulu le son aussi fin que la farine. Nous avons perdu de vue l'issue de ces premiers essais.

1368. Perlage des grains avariés. — Quoi qu'il en soit, et en nous servant des appareils actuels de perlage, il est une circonstance grave, où ce procédé est dans le cas de rendre un éminent service au commerce du blé; c'est lorsque la cargaison est tombée à l'eau et y a séjourné assez pour germer, ou bien lorsque les *gerbiers* ont été exposés à une température trop longtemps humide, qui en a fait germer les grains dans l'épi. Ces sortes de grains ainsi avariés ne servent jamais plus à faire de la farine. On les consacre exclusivement à la fabrication de la bière ou de l'amidon. Mais ces grains ne donnent pas une bière aussi estimée que celle de l'orge, et leur conversion en amidon est déjà un déchet. Au moyen du perlage, on pourra en retirer presque la même quantité de farine que des grains non avariés. En voici la raison : L'embryon, ainsi que nous l'avons déjà fait observer (1300), se trouve chez les céréales, plaqué à la base du périsperme, et déborde au dehors par une hernie, qui permet au moindre choc de l'en détacher. Lorsqu'il est soumis à des circonstances favorables, la plumule et la radicule sortent de ce point à l'opposé l'une de l'autre; mais l'anatomie chimique indique que la couche du périsperme seule, contre laquelle l'embryon est adossé, a été décomposée par l'élaboration de la germination; là tous les grains de fécule ont éclaté (886) et leurs téguments nagent dans un liquide laiteux et imprégné d'acide acétique (978). Si la germination continue, ce genre d'élaboration, cette fermentation acide et nutritive gagne de proche en proche le périsperme, et décompose de proche en proche l'amidon. Ainsi, dans les premiers instants de la germination, la perte n'est pas encore fort grande; tout est sain dans la graine, à l'exception de la couche qui recouvre le cotylédon, et de l'embryon qui a perdu, dès ce moment, son goût de noisette, pour prendre un goût d'amertume, un goût nauséabond qui ne manquerait pas d'altérer celui qu'on recherche dans la farine; ce qui faisait que dans l'ancien système, ces grains en pleine germination étaient jugés perdus pour la mouture. Mais il n'en sera pas ainsi, en adoptant le système du *perlage*. En effet, qu'on se hâte de retirer ces grains de l'eau et de les exposer à l'air qui dessèche, au grand jour et à la lumière qui étouffent la germination; qu'on les étende, en couches de la plus mince épaisseur sur la surface de l'aire, ou sur le sol d'un séchoir ou d'une étuve (1066); et quand ils auront repris leur première consistance, et que le germe se sera desséché, qu'on les jette dans la trémie des meules à perler; si on les retire de là, une fois que le premier choc en aura détaché l'embryon, la farine qu'on en obtiendra par l'une ou l'autre mouture, sera d'aussi bonne qualité que toute autre farine de ce genre de céréales pourvu qu'on ait la précaution d'enlever préalablement, par le vannage ou le tarare, toute la paille formée par le germe desséché.

1369. Produits de la mouture. — Par le perlage on ne retirerait qu'une seule qualité de son, et une seule qualité de farine, qui serait supérieure aux premières qualités ordinaires. En effet, par la *perlage* on attaquerait le son à part la farine, ensuite le périsperme dépouillé de son péricarpe, et ne pouvant plus donner que de la farine, sans aucune trace de son. Il n'en est pas de même des autres systèmes de mouture. Les fragments du péricarpe ou ceux du périsperme et ceux de l'embryon, se trouvant pêle-mêle et confondus entre eux à chaque opération, il est évident qu'on ne saurait jamais obtenir l'un tout à fait exempt des débris de l'autre; aussi remarque-t-on que plus les opérations sont nombreuses, plus les qualités de farine augmentent en nombre à leur tour; et le déchet augmente en proportion de la perfection des procédés. Par exemple, le déchet du blé est, dans certains pays, de $1\frac{1}{2}$ pour °/₀ par la mouture brute ou à la grosse, de 2 pour °/₀ par la mouture bourgeoise, et de trois pour °/₀ par la mouture économique, la plus perfectionnée des trois. Il est, pour le seigle, de 2 pour °/₀ dans le premier cas, de $2\frac{1}{2}$ dans le second, de $3\frac{1}{4}$ à $3\frac{1}{2}$ pour °/₀ dans le troisième. Dans d'autres usines il va jusqu'à 4 pour °/₀.

1370. Le déchet provient en effet de la quantité qui s'attache aux surfaces, de celle qui tombe sur le sol, et surtout de la partie la plus pure de la farine, que sa grande ténuité fait monter dans

l'atmosphère à la moindre secousse, et qui se perd ainsi, par ce que les meuniers désignent sous le nom d'*évaporation*, synonyme de ce que nous avons appelé *suspension* (27). Or la quantité de cette évaporation doit varier nécessairement, selon que l'usine est plus ou moins bien tenue, et que les appareils ferment plus ou moins bien. Nous avons constaté qu'une simple mouture du blé, à un petit moulin à café ordinaire, lui fait perdre déjà 1,9 pour 0/0 en poids.

1371. Quant aux produits, ils varient selon le genre de mouture. Ici par la mouture économique le blé fournira, par hectolitre du poids de 75 kil. (1347), 45 à 50 kil. de farine de première qualité; 5 à 7 kil. de farine de deuxième qualité; 5 à 6 kil. de farine de troisième qualité; c'est-à-dire renfermant plus de son que la deuxième, qui en renferme plus que la première; en sorte que les 20 à 25 kil. restant se retrouveraient dans le son et les recoupettes. Là l'hectolitre de froment, du poids de 81 kil. donne : 36 kil., de farine blanche dite de blé; — 11,5 kil. de farine dite première de *gruau* (1352); — 6,5 kil. de farine deuxième de gruau; — 5 kil. de farine bise et troisième de gruau; — 2 kil. de farine bise aussi; — 3,5 kil. de gros son; — 5,5 kil. de petit son; — 9 kil. de recoupe et recoupette; — 2 kil. de déchet. Total 81 kil.

1372. Ici un hectolitre de seigle du poids de 70 kil. donne, par la mouture économique : de 35 à 40 kil. de farine première qualité; — 7 à 10 kil. de farine deuxième qualité; — et le reste en issues.

Là l'hectolitre de seigle, du poids de 74 kil., donne 54 kil. de farine d'une seule nature; — 17,5 kil. de son et recoupe; — et 2,5 kil. de déchet. Total 74 kil.

L'hectolitre d'orge, du poids de 62 kil., donne par la mouture économique, 45 kil. de farine d'une seule nature; — 15 de son et recoupe; et 2 de déchet. Total 62 kil.

1373. Or, dans toute cette série de produits, résultant du mélange de la farine avec une plus ou moins faible quantité de la portion corticale et embryonnaire du grain (*), il est évident qu'en enlevant d'un seul coup cette écorce, on obtiendrait en farine un seul et unique produit de la plus belle qualité possible; c'est-à-dire uniquement composé, ce fait de substances insolubles, d'amidon et de gluten; ce serait la farine la plus convenable pour la panification, opération que le

(*) Les issues provenant de la mouture renferment toutes une certaine quantité d'amidon, qu'on pourrait recueillir avec profit, par le procédé de l'amidonnier (1074).

présence du son altère, en proportion de la quantité du mélange.

3° *Panification.*

1374. Nous n'avons pas à nous occuper, en cet endroit, des propriétés nutritives des diverses espèces de farine; ce sujet se rattache de trop près à celui de la digestion; nous y reviendrons, en traitant de ce phénomène. Nous parlerons seulement des qualités physiques que les diverses espèces de farine sont dans le cas de communiquer à la panification.

1375. La PANIFICATION est une opération dont on connaît fort bien la mécanisme, mais dont on ignore les phénomènes intimes. De tout temps on a reconnu que c'est sous cette forme que les céréales profitent le mieux à l'alimentation des hommes; et l'expression *manquer de pain*, a été, de temps immémorial, comme aujourd'hui, l'expression la plus caractéristique du dénûment et de la misère. Les anciens étaient aussi friands de beau pain, que nous le sommes nous-mêmes; et ils recherchaient les pains faits avec leur *far*, avec autant de soin que nous recherchons nos pains de gruau (1352). On serait pourtant tenté de révoquer en doute cette opinion que nous puisons dans leurs livres, en examinant les pains qui se rencontrent si fréquemment dans les tombeaux égyptiens; au effet, ce sont, au moins ceux que l'obligeance de Dubois (1035) nous a mis à même d'examiner de plus près, ce sont des galettes triangulaires de près de dix centimètres de côté, et de deux centim. d'épaisseur, plates et d'une pâte compacte et non levée. Leurs cassures n'offrent aucune de ces grandes cellules qui caractérisent nos beaux pains. Il y a plus, c'est que la pâte en a été pétrie avec une farine plutôt concassée que moulue, et dans laquelle se trouvaient, outre le son, les balles entières de la fleur; aussi l'aspect des miettes est-il aussi résineux, aussi rougeâtre que celui de la croûte. Mais n'oublions pas que ces pains, destinés à être déposés dans le séjour des morts, n'avaient nul besoin d'être aussi beaux que ceux qui servaient aux vivants; qu'ils étaient là en guise d'offrande et non de provision, et que peut-être une des qualités exigées par le rit mortuaire, était qu'ils n'eussent rien de ce qui fait le mérite des pains de consommation. Dans ce pays de haute civilisation, le premier des arts n'était pas resté en arrière, quand tous les autres avaient fait tant de progrès; et les hommes d'alors avaient trop de nos goûts actuels,

dans tout le reste de leurs habitudes, pour n'avoir pas le goût du bon pain. Les hommes qui vannaient leurs grains après la récolte, ont dû de toute nécessité tamiser la farine, après l'avoir broyée sous la meule; quand on raffine les mets de la table, on commence par ne pas se servir de pain grossièrement pétri; or il n'est pas un homme constitué comme nous le sommes, qui pût digérer le pain que nous trouvons encore intact à côté de leurs morts. Ainsi, les Égyptiens, les Hébreux mangeaient, de temps immémorial, le pain aussi blanc que les Romains eux-mêmes, chez qui les boulangers (*pistores*) étaient en si grande faveur; ce qui nous reste de leur histoire en fait foi. Ils n'ignoraient aucune des circonstances de la panification; et, sous ce rapport, il est certain que l'art et la science n'ont pas fait le moindre progrès depuis. Ils établissaient une grande différence hygiénique entre le pain levé et le pain sans levain ou azyme; ce dernier était le pain du printemps, le pain de la pâque, le pain de la diète; l'autre était celui du travail et de la forte nutrition; le premier était d'une forme arrondie et d'une structure crevassée, d'une consistance tendre et friable; l'autre, blanc comme la neige, était plat comme du gros carton, et dur comme du biscuit de mer (*). Ils savaient par l'expérience que le plus beau pain provient de la plus belle farine, et que la seule qui mérite ce titre est la farine de pur froment; il ne leur était point venu dans la pensée, que l'art des mélanges et des falsifications pût jamais lutter de puissance avec la culture, et qu'on parvint jamais, par la combinaison de deux ou trois denrées d'inférieure qualité, à obtenir un produit d'une qualité supérieure; cette prétention d'économie transcendante est d'une origine plus moderne; elle est toute jeune pour nous. C'est à la haute chimie de nos temps académiques qu'il appartenait de raisonner ainsi qu'il suit : « Nous n'avons pas assez de froment, afin d'en fabriquer du pain pour tout le monde; demandons à la science de nous donner ce que la culture nous refuse. Puisque le pur froment fournit un beau pain, lorsque nous l'aurons rendu impur, en le mêlant à du seigle, à de l'orge ou à de la fécule, il est ÉVIDENT que nous obtiendrons un pain sinon aussi beau à l'œil, du moins aussi bon à l'estomac, et surtout moins cher que l'autre. » Et sur ce raisonnement singulier, on a bâti système sur système, manipulation sur manipulation, et comme c'est l'ordinaire, on a toujours rencontré des dupes, pour payer un brevet d'invention. Nous avons eu, pour notre compte, l'occasion de goûter à sept ou huit pains de ces diverses fabriques, et n'en déplaise à l'engouement des journaux d'alors, notre gosier n'y a trouvé que des fraudes et non des améliorations. Dieu nous garde! le pain des cachots nous paraissait du biscuit, en comparaison de ces produits, que les panetiers de la nouvelle terre promise s'offraient à fournir au peuple, qui de longue date se connaît si bien en beau et bon pain. Le bulletin scientifique du *Réformateur* mit fin à tous ces tripotages, qui, nous l'espérons pour l'honneur de la science, ne se représenteront plus au jour. On est convenu, depuis, de regarder comme un axiome, qu'on n'améliore pas, en combinant une bonne chose avec une pire; qu'on ne fait en cela que détériorer ce qui est bon; que l'économie publique ne doit pas viser à trouver, dans le laboratoire, quelque chose de plus nourrissant que dans la nature; qu'il n'est plus permis de chercher à remplacer le froment, que la nature a perfectionné de pair avec la civilisation; mais à en obtenir, de la culture, autant que le demandent les besoins de la population. Le problème à résoudre n'est que là; partout ailleurs se trouvent l'absurde et le charlatanisme. Tant que la science ne saura pas nous dire en quoi consiste le phénomène de la panification, elle s'exposera à de grands mécomptes, toutes les fois qu'elle tentera d'en modifier *à priori* les éléments. Nous reprendrons la question, sous le point de vue théorique, en nous occupant spécialement de la digestion.

1376. La farine, qui donne le pain le plus convenable à la digestion de l'homme civilisé, est celle dont l'amidon forme les trois quarts environ et le gluten le cinquième. Si l'amidon était surabondant, le pain en serait moins nutritif; si le gluten était trop abondant, il rendrait le pain indigeste; il serait nécessaire d'en annuler l'excédant; et c'est peut-être dans ce but que les anciens habitants des bords de la Méditerranée, dont les céréales étaient si riches en gluten, avaient la précaution d'en soumettre les grains au feu, avant de les jeter sous la meule : *Et torrere parant et frangere saxo.* Enfin la présence du son, par la résine de son périearpe, et celle de l'embryon, par l'huile essentielle de sa matière

(*) La tradition des juifs, qui, comme on sait, ne déroge jamais, a conservé le pain de la pâque avec toutes ses qualités primitives. Les juifs du Midi le désignent vulgairement sous le nom de *coudolou* ou *travadolou*.

verte, n'est propre qu'à paralyser d'autant la marche de la fermentation panaire. Mais les conditions que réclame ce genre de fermentation ne se trouvent pas toutes dans la farine obtenue à ce degré de pureté; il faut reproduire artificiellement l'impulsion, si je puis m'exprimer ainsi, que, dans le sein de la graine intègre, la farine reçoit de la germination de l'embryon. Or nous avons reconnu (978) que la germination se décèle par l'acidité du périsperme; et, d'un autre côté, on sait, depuis Kirchoff, que l'acidité a pour effet immédiat de saccharifier la fécule (976); c'est à ce prix que la farine du périsperme profite à la nutrition de l'embryon, ce n'est qu'au même prix qu'elle peut profiter à la nutrition de l'homme. Mais une fois réduit en farine, l'embryon n'est plus là, pour imprimer cette impulsion aux éléments désagrégés du périsperme; on y supplée, en mélangeant la pâte avec une certaine quantité de *levain*, et dans le nord de la France avec de la *levûre de bière*, dans la proportion de 34 décagrammes par sac de farine de 160 kil.

1377. Pétrissage dans Paris et les environs.— Pour un sac pesant 160 kilog., on prend 8 kilog. de *levain de chef*, destiné à faire les levains de la cuisson du lendemain, en deux fournées. A cinq heures du soir, on délaye ce levain dans six litres d'eau chaude, avec une quantité suffisante de farine, pour en former une pâte, que l'on travaille avec soin, et qu'on abandonne à la fermentation saccharine (976), dans le pétrin jusqu'à dix heures; on dit alors que la pâte lève, car les gaz qui se dégagent distendent la pâte en cellules, et en augmentent le volume. On reprend alors de nouveau cette pâte, et on la délaye dans douze litres d'eau, avec une quantité de farine suffisante, pour en former une nouvelle masse d'une consistance un peu ferme, qu'on laisse lever jusqu'au lendemain matin quatre heures. Ce levain, qui fait la moitié de la pâte en été, et un tiers en sus en hiver, est, dès ce moment, délayé avec soin dans une partie de l'eau destinée au pétrissage; on ajoute alors le reste de cette eau avec 5 hectogr. de sel, et on y pétrit la quantité de farine nécessaire à la première fournée. Une fois le pétrissage terminé, on en retire 40 kilog. environ pour la seconde fournée, et on laisse reposer vingt minutes; on la divise, pour lui donner la forme de pains, que l'on dispose à Paris, au moins les grands, dans tout autant de paniers garnis d'une toile et saupoudrés de son, et ailleurs sur une planche saupoudrée de son; on les recouvre d'une toile; on les y laisse pendant deux heures; on les met ensuite au four, qu'on a eu la précaution de chauffer pendant une heure et demie, au moyen de près d'un stère de bois blanc, et qu'on a nettoyé ensuite. La cuisson est terminée, pour les petits pains, au bout de 30 à 40 minutes, et pour les grands au bout d'une heure un quart. On passe ensuite aux autres fournées.

1378. Dans les boulangeries de Paris, outre la surveillance active du bourgeois, cette fabrication exige le concours de trois hommes: du geindre (*), chargé de pétrir à la main, et de deux aides. Quand la pâte est prête, un ouvrier pèse le pâton, c'est-à-dire la quantité désignée pour faire un pain, et le lance à son camarade, qui le *tourne*, c'est-à-dire donne au *pâton* la forme de pain; puis, après un certain intervalle de temps, un autre enfourne, après avoir nettoyé le four de sa cendre et du charbon, qu'on étouffe dans un grand vase en tôle, fermé hermétiquement d'un couvercle de même métal; ce charbon est revendu pour la consommation, en qualité de *braise* (**).

1379. Dans toutes les opérations précédentes, l'habitude décide de tout et forme toute l'habileté de l'ouvrier; la science jusqu'à ce jour n'a rien pu préciser; et, en fait de panification et de fermentation panaire, le plus habile chimiste manipulateur est encore le *geindre*. Cependant, en confrontant la marche de ces divers procédés avec les diverses données de la théorie, il est permis d'entrevoir qu'un jour tout ne sera pas mystère, dans la panification, pour la nouvelle méthode. Essayons de discuter la série de ces opérations.

1380. Essai théorique. — Le but principal de ces opérations est de faire servir, à la nutrition de l'homme, le périsperme que, dans la graine intègre, la germination sacrifie peu à peu à la nutrition, c'est-à-dire au développement de l'embryon. Pour cela, il faut mettre ce périsperme en contact avec les parois absorbantes de l'estomac, d'une manière aussi immédiate qu'il l'est avec la paroi absorbante et cotylédonnaire de l'embryon; et par conséquent il est nécessaire de le dépouiller

(*) De *geindre* (*gemiscere*), expression qui désigne le genre de râlement plaintif, par lequel la garçon boulanger, chargé du *pétrissage*, marque la mesure de ses mouvements, et soulage ses poumons comprimés.

(**) La *braise*, à Paris, est le charbon des petits ménages et la providence des repas improvisés; la vente dédommage le boulanger de la dépense du combustible, qui, de 7 fr. par jour se réduit, d'après les boulangers, à 3 fr., et d'après l'administration, à une balance à peu près exacte.

de la partie corticale qui l'enveloppe, et de l'isoler de ses débris, dont la présence ne serait plus qu'un lest inutile. La mouture perfectionnée fournit ce résultat (1356) ; le plus haut degré où elle puisse prétendre d'arriver, c'est d'isoler, en dernière analyse, tout le périsperme, et rien que le périsperme.

1381. Sans aucun doute, l'animal sauvage trouverait amplement de quoi flatter son palais et satisfaire son estomac, avec cette belle farine prise sans autre préparation ; et la fermentation digestive s'établirait assez vite, sous cette forme, dans ce puissant organe. Mais l'estomac de l'homme civilisé a d'autres exigences ; et l'industrie, pour lui, doit venir à l'aide de la nature, et lui rendre, après la mouture, le lait végétal de la germination. Or, comme l'embryon n'est plus là pour imprimer au périsperme cette impulsion nutritive, on a eu recours au levain. Si le levain est acide, il activera la fermentation acide du reste de la masse. Mais toute fermentation exige le concours de l'air et de l'eau. De là le pétrissage, qui marie l'air et l'eau aux plus petites molécules de la pâte, et porte le germe de la fermentation jusqu'au sein, pour ainsi dire, des atomes, emprisonnés dans les mailles factices du gluten (1242). La chaleur qui se dégage distend les téguments (901), et les rend perméables à la *substance soluble*, qui se mêle à l'eau à son tour. L'acidité réagit sur cette fécule ainsi préparée, et la convertit en sucre (976), lequel sucre réagit à son tour sur le gluten, pour le convertir en alcool, qui convertit le gluten restant en acide acétique. Et pendant toutes ces transformations, qui s'engendrent les unes les autres, il se dégage du gaz acide carbonique et de l'hydrogène, qui d'abord boursouflent la pâte, la divisent en cellules cloisonnées, distendent celles-ci par la chaleur du four, rendent ainsi la masse plus perméable à l'action de la cuisson, et l'imprégnent de leur propre substance, d'une manière favorable à la digestion stomacale. La cuisson fait à son tour éclater une nouvelle quantité de grains d'amidon (901), et achève d'imprimer par là à tout ce qui était insoluble, les propriétés que notre organisation exige des substances alimentaires : le pain est achevé. Il offre alors un mélange heureux de gluten non malaxable et qui n'est plus susceptible de se boursouffler, d'amidon converti en empois, de sucre, d'huile et de gomme, le tout préservé contre la fermentation putride, par un commencement d'acidité alcoolique. Le mécanisme de la mouture et celui de la cuisson s'expliquent aisément, comme on le voit : c'est au pétrissage que se trouve le mystère; c'est là qu'on s'arrête et qu'on reprend en tâtonnant, c'est là qu'on observe les heures, comme dans la culture on observe les saisons ; car là, la nature fermente pour désorganiser, comme ici elle fermente pour organiser. Le mystère de la germination de la graine occupe toute la capacité du pétrin ; celui qui l'expliquera dans l'une de ces deux circonstances, l'aura expliqué dans l'autre ; il aura en même temps expliqué la digestion, dont la panification ne semble que le prélude, et, si j'ose m'exprimer ainsi, le dégrossissement.

1382. Remarquez que la série des opérations du pétrissage exige autant l'influence des ténèbres que la germination elle-même (*) ; l'une est, autant que l'autre, un mystère nocturne, que le moindre rayon de lumière détournerait autant de sa voie que le moindre rayon de froid ; circonstance essentielle, que ne devront jamais perdre de vue ceux qui se proposeront d'apporter, au perfectionnement de cet art, un esprit d'innovation.

1383. PÉTRINS MÉCANIQUES.—Dans une question encore mystérieuse, nulle circonstance de la routine qui réussit ne doit être indifférente aux yeux de la science qui doute ; ne soyons pas trop hardis dans les réformes de la pratique, alors que nous sommes si timides dans la théorie. Cette observation s'applique surtout au mode de pétrissage. Nous avons fait remarquer (1242) que le gluten s'agglutine mieux par certains procédés de la malaxation que par d'autres ; qu'il en échappe moins entre les doigts qui le pressent et le foulent, qu'à travers les mailles du tamis, sur lequel on l'agite et l'étend ; qu'enfin il forme une masse plus consistante, lorsqu'on ne cesse, en le malaxant, de le refouler sur lui-même, que lorsqu'on se contente de le presser et de le comprimer. Si l'on veut reformer le tissu glutineux, il faut, après l'avoir déchiré pour en rafraîchir les bords, remettre ces bords en présence pour les ressouder. Or les mouvements musculaires sont encore, jusqu'à ce jour, ceux qui conviennent le mieux à cette alternative de tractions et de compressions, que l'on désigne sous le nom de *pétrissage* ; et la meilleure mécanique, jusqu'à ce jour, est encore le pauvre *geindre* (1378), qui saisit à deux mains la masse, la lance de tout son poids sur le fond du pétrin, la pétrit du poing et la foule avec les pieds, la déchire en lambeaux, la réunit en masse, qui en ouvre enfin, par la division, les dernières lacunes à l'eau et à l'air qu'il y emprisonne sans retour,

(*) *Nouv. syst. de physiologie végét. et de bot.*, § 1489.

en tourmentant la pâte ; athlète vigoureux, mais intelligent, dont l'œil dirige les efforts et varie les mouvements, selon la circonstance fugitive du moment. Les premiers pétrins mécaniques, que l'on a construits à Paris, n'avaient certainement pas été conçus sous l'influence de ces considérations. Les auteurs ne paraissaient avoir eu d'autre but que de déchirer et d'agiter la pâte, qui s'attachait, en lambeaux, aux volants du moteur, et retombait de même ; aussi le pain qui s'ensuivait, toutes choses égales d'ailleurs, sortait-il toujours du four, sous un aspect de mauvais augure. On s'aperçut plus tard de ce vice de manipulation, et on chercha à en modeler le mécanisme sur celui du pétrissage à la main ; c'était là un premier pas vers le perfectionnement ; mais le second reste à faire, et nous attendons encore un Vaucanson, qui nous fabrique un *geindre* mécanique, avec la force, la souplesse, la variété des mouvements du geindre animé, moins l'intelligence du coup d'œil, auquel on suppléera par la manivelle.

1384. Nous demandons une certaine indulgence en faveur du genre de réflexion qui va suivre ; car nous ne croyons pas devoir la retrancher. Il nous semble qu'à part le mécanisme, le *pétrissage* à la main l'emporte sur l'autre, en ce qu'il ajoute, à la substance, des principes animalisés, qui ne peuvent manquer de profiter à la fermentation. Cette proposition serait dans le cas de blesser la délicatesse des gourmets et des économistes de salon ; mais heureusement que la chimie ne possède aucune catégorie de substances dégoûtantes, et que, dans ses combinaisons, tout s'utilise pour le mieux. Or il est incontestable que les mains du *geindre* ne sauraient manier une fois la pâte sans l'imprégner de sueur ; nous avons tracé plus haut (1250) les différences que le gluten puise dans le pétrissage ; chacun a dû observer que les mains les mieux lavées préalablement, ne laissent pas que de contracter, au pétrissage, un aspect plus propre encore, par une déperdition nouvelle de leur surface ; la moindre expérience enfin suffit pour apprendre à chacun de nous que la main la plus proprette, après un instant d'agitation, ne saurait s'appliquer sur un linge ou un papier, sans y déposer une trace au moins superficielle de son passage ; jugez de la quantité de sueur que le *geindre* vigoureux et haletant doit déposer, à chaque effort, dans la pâte qu'il refoule (*) ! Si cela est un fait et qu'on ne puisse le nier, il faut chercher à l'évaluer. Or il est impossible que cette quantité de substance animalisée reste inactive au foyer d'une si active fermentation ; si elle ne l'altère ni ne la ralentit, il faut qu'elle lui profite, il faut qu'elle ajoute au gluten quelque chose qui en augmente l'élasticité ou la souplesse, et aux éléments fermentescibles un nouveau germe de fermentation. Or le *pétrin mécanique* n'y ajoute rien de semblable. Il y a près de dix ans que nous avons pour la première fois exprimé cette idée, d'abord singulière, mais qui ne parut rien moins que ridicule ; car un établissement à pétrin mécanique la mit à profit avec succès, en mêlant à la pâte, du jus de viande obtenu à froid ou par une chaleur modérée ; et nous pensons que cette addition, en toute circonstance, ne pourrait que profiter à la pâte provenant de farines non riches en gluten, et encore mieux à la pâte de celles qui en sont totalement privées.

1385. Les lettrés romains, qui étaient pour le moins tout aussi civilisés que les nôtres, et par conséquent tout aussi peu au courant des procédés qui nous font vivre, manifestaient le même dégoût que nous, en s'occupant de réflexions analogues à celles que nous venons de prendre la liberté d'exprimer ; et ce qui les étonnait le plus chez les Égyptiens, ces grands producteurs de pur froment, ces habiles préparateurs de pain, c'était de les voir pétrir la pâte avec les pieds. « Des peuples, s'écriait Pomponius Méla, qui pétrissent l'argile avec les mains et la pâte avec les pieds ! *Lutum inter manus, farinam calcibus subigunt !* » Depuis trois mille ans, les *geindres* n'ont pas plus changé d'habitude que les céréales de nature (1045) ; et nous concevons maintenant pourquoi les *geindres* d'alors trouvaient tout autant d'avantage que les *geindres* d'aujourd'hui à fouler aux pieds la pâte destinée à nos bouches. Oh ! quelle horreur ! n'en parlons plus.

1386. En résumé, moins la pâte renfermera de gluten, moins elle emprisonnera d'air et d'eau ; moins la pâte sera levée, et moins la fermentation aura d'éléments. Plus vous pétrirez la pâte, plus vous obtiendrez de pain en poids et en volume, et meilleur sera le pain. Tout mélange qui altérera

(*) Notre civilisation, qui ne marche que les mains sur les yeux, et qui aurait horreur de porter un morceau à la bouche, si elle avait le malheur de voir comment on le coupe, ou comment on le prépare ; la civilisation se rend justice ; elle a horreur de tout ce qui lui ressemble. D'où vient que la viande cuite du porc nous paraît plus propre que l'épiderme de l'homme ?

les proportions d'amidon et de gluten, altérera d'autant la qualité de la pâte et les propriétés du pain. Défense au chimiste d'inventer de nouveaux pains, jusqu'à ce qu'il puisse nous rendre raison de ce qui se passe dans la pâte!

1387. A ce propos, nous ne saurions nous dispenser de dire un mot du pain de dextrine, dont nous avons donné plus haut le prospectus (971). Il est inutile de rappeler ce que l'on entend ou plutôt ce que l'on n'entend pas par le mot de dextrine; mais il ne sera pas inutile de dire que les auteurs de cette logomachie ne sont jamais parvenus, de leur aveu, à fabriquer du pain avec la chose; c'est un boulanger seul qui a réalisé ce résultat; car, dans ce siècle de désorganisation, les boulangers menacent d'en savoir plus que les chimistes sur les points de leur profession. Ce boulanger usurpateur, c'est Mouchot, dont nous transcrivons le procédé. « On prend 50 kil. de fécule, 5 kil. d'orge germé réduit en malt, et 200 kil. d'eau. On met les 5 kil. d'orge dans 100 kil. d'eau froide; au bout de quatre à cinq heures, on presse fortement la masse, et l'on recueille le liquide, auquel on ajoute les 100 kil. d'eau qui restent. On chauffe le tout au bain-marie jusqu'à 60° centig.; on y verse les 50 kil. de fécule, en remuant avec une spatule de bois, jusqu'à ce que la chaleur se soit élevée à 70°. A 60°, le liquide forme empois, et à 70°, au bout d'un quart d'heure, l'empois est liquéfié (975). On retire du feu, on abandonne le liquide quatre ou cinq heures à la température de 10° centig. Pendant ce temps, la masse prend un goût alcoolique très-prononcé; on filtre alors. On verse ce liquide dans une bassine, pour vaporiser les deux tiers d'eau, afin d'obtenir un sirop de 20° à 30°. On prend alors une portion de levûre que l'on délaye dans ce sirop; après une demi-heure, le liquide augmente de volume par suite de la fermentation intestine de la masse (1379). Cela compose le premier levain que l'on verse dans le pétrin, avec la farine, sans levain d'autre nature, dans la proportion de 50, 60, et même 80 pour 100; l'on en fait une pâte bien légère, que l'on divise pour en obtenir des petits pains qui se distinguent par leur goût et leur légèreté, et qui prennent le nom de pains de dextrine. »

1388. Ce sont là, comme l'on voit, des pains de luxe, et nous souhaitons fort que le luxe rende en profit à l'artiste, les dépenses, dans lesquelles les fausses indications des chimistes de profession l'ont entraîné, avant qu'il soit arrivé, par ses tâtonnements raisonnés, au résultat qu'il exploite. Quant à nous, on le sait, en fait de mets de luxe, notre palais est un triste connaisseur; aussi le pain de dextrine ne nous a pas paru, à nous, jouir des propriétés que lui assigne l'artiste; et le beau pain de gruau qu'il fabrique d'après les procédés ordinaires nous semble d'une saveur bien plus exquise; l'autre, qui s'annonce par un goût plus sucré, laisse dans la bouche un arrière-goût âcre et qui pique la langue, comme le ferait une mie de pain desséchée à la poussière. Nous en demandons pardon à l'art, mais la nature est à nos yeux, jusqu'à plus ample information, en tout point préférable à lui.

1389. Sous le rapport théorique, ce pain peut être appelé : *pain de bière*, *pain de sucre*, *pain de sirop*, *pain d'orge germé*, *pain de malt*, *pain des brasseurs*, *pain de diastase* (974) enfin, tout aussi bien que *pain de dextrine* (969). En effet, si on entend par *dextrine*, la substance soluble de la fécule, l'acide et les sels de l'orge germé ne doivent plus avoir laissé de trace de cette substance dans le sirop, s'il est changé en sucre; mais ce sirop n'est pas tout sucre, puisque tous les principes du malt de bière s'y trouvent réunis; cette DEXTRINE équivaut donc à un mélange de sucre, d'acide, de gluten dissous, d'amidon soluble, d'alcool, de résine, d'huile, etc., substances qui tournent le rayon polarisé (970), les unes à droite, les autres à gauche, les unes plus, les autres moins; en sorte qu'au lieu de prendre le nom de *dextrine*, cet amalgame inextricable devrait, au moins par respect pour la vérité, prendre le nom de *sinistro-dextrine*.

1390. Mais alors pourquoi tous ces appareils de chauffage, et ces proportions? pourquoi ne pas faire des pains de *sinistro-dextrine* sans *dextrine*? N'avez-vous pas du sirop tout fait, n'avez-vous pas des mauvaises mélasses et du mauvais alcool? Pétrissez votre levain avec un mélange de ces deux substances, et vous obtiendrez, sans tant de frais, un pain de luxe aussi agréable au goût. Je suis même porté à croire qu'on arriverait au même résultat, en pétrissant le levain ou plutôt la pâte, avec de la bonne bière mousseuse. Fabricants et consommateurs, méfiez-vous scientifiquement des membres des sociétés d'encouragement, qui, en faisant un rapport sur les applications qu'ils conseillent, font, par la même occasion, un rapport sur leurs prétendues inventions!

1391. MÉLANGE DES FARINES. — L'éveil donné depuis dix ans, sur les moyens de découvrir la sophistication des farines par la fécule de pomme

de terre (1051), a peut-être encore, plus que la cherté de la denrée, contribué à faire abandonner ce genre de fraude, par les meuniers et marchands de farine. Ils se sont rejetés sur d'autres moyens ; car la farine d'orge perlé, et surtout la farine, ou au moins la fécule grossièrement obtenue, du sarrasin, des féveroles, des mauvais pois, des lentilles, des vesces enfin, peut s'incorporer à la farine, sans en altérer le toucher et l'aspect. Quelques-unes seulement de ces farines de contrebande communiquent à la farine de froment une teinte jaunâtre, que certaines farines pures de tout mélange ne laissent pas que d'offrir à l'œil. Parmi ces substances, les farines de pois, de haricot, de féveroles, et surtout du pois chiche (*), sont peut-être les moins capables de déranger les proportions de l'amidon et du gluten, et partant nuiraient moins à la marche de la fermentation panaire. Depuis longtemps on a abandonné l'idée de pétrir la farine avec des pommes de terre cuites. Ce mélange donnait un pain lourd et mat encore plus que la fécule seule ; parce qu'avec la fécula, les pommes de terre apportaient à la pâte un tissu ligneux, inerte et de surcroît, qui divise là où il faut agglutiner, qui sépare et isole là où il faut mettre en présence les éléments de la fermentation.

1392. Lorsque vous voudrez reconnaître la sophistication des farines, si les indications microscopiques sont insuffisantes, ayez recours à la malaxation (1243), pour constater approximativement les proportions d'amidon et de gluten. Mais n'oubliez pas alors que ces proportions varient, selon les terrains d'où proviennent les céréales et les circonstances météorologiques de la saison. Les municipalités devraient se livrer à un travail modèle, qui aurait pour but de constater comparativement et par des moyennes, les proportions de gluten et d'amidon, que sont dans le cas de contenir les grains de chacune de leurs localités, en tenant compte de la différence d'exposition et de sol. Il est probable qu'on arriverait, et à des résultats pratiques qui ne laisseraient pas que de rendre service à la probité du commerce, et d'un autre côté à des résultats statistiques et scientifiques, dont la France n'est rien moins que riche sous ce rapport. Mais il faudrait procéder sur ce sujet avec toute la surveillance d'une instruction judiciaire. Il y a tant de spéculateurs parmi les premières autorités du lieu !

1393. Rendement des farines. — En moyenne, 159 kil. de belle farine de froment donnent 102 pains de 2 kil. chacun. Le pétrissage peut porter ce rendement à 105 pains. La farine a donc par le pétrissage augmenté en poids de plus du quart ; cet excès de poids est dû à l'eau, à la levûre, au sel qu'on y ajoute, et qui font corps avec elle. A la cuisson une partie de l'eau s'est évaporée, en sorte que le poids du pain cuit ne représente pas le poids de la pâte encora dans le pétrin. Jusqu'à présent il a été impossible de déterminer, d'une manière précise, à quel poids s'élève cette perte ; l'Académie des sciences s'en occupa sans succès en 1781 ; ce qui fait que le boulanger, obligé de se conformer aux ordonnances qui fixent le poids et le prix du pain, est exposé à des mécomptes que toute sa sagacité ne saurait prévoir. C'est pour cela que l'autorité à Paris, avait fixé en 1817, une limite à l'inexactitude dans le poids, sous le nom de *tolérance*. Le boulanger était excusable aux yeux de la loi, quand il ne manquait que 5 onces sur un pain de 12 livres, 4 sur un pain de 8, 3 à 4 sur un pain de 6 ; 4 à 5 sur un pain long de 4 livres ; 2 à 3 sur un pain forme ordinaire de 4 livres ; mais, sur la demande de l'acheteur, il était obligé de compléter le poids, en prenant sur un autre pain. En 1823 l'administration abrogea cette ordonnance ; en 1831 elle ne l'avait pas encore rétablie.

§ V. *Emploi du gluten en thérapeutique.*

1394. Taddeï (**) avait proposé, comme succédané du blanc d'œuf, dans les empoisonnements par le sublimé corrosif, une poudre émulsive de gluten, formée de gluten dissous dans un savon de potasse, le tout préalablement desséché à l'étuve et pulvérisé, administré ensuite à la dose de 4 scrupules délayés dans un verre d'eau, contre 10 grains de sublimé. Si l'expérience venait à démontrer l'efficacité de ce résultat, la théorie l'expliquerait d'une manière fort intelligible. En effet, le gluten seul étant insoluble, ne jouerait dans un empoisonnement que le rôle d'une substance inerte. Mais une fois dissous par le savon de potasse, si vous mettez le mélange en présence d'un

(*) Dans l'île de Tine, l'une des îles de l'Archipel, les femmes préparent un pain d'une saveur délicieuse avec les *pois chiches*, ce froment des terres caillouteuses du Midi. La veille du jour où elles doivent pétrir, elles font bouillir trois ou quatre livres de *pois chiches*, et ensuite elles les écrasent pour former, avec le levain, une espèce de pâte qu'elles délayent en versant dessus une certaine quantité d'eau. Le lendemain, elles pétrissent ce levain avec 30 ou 40 livres de farine, et font avec la pâte de grands pains ronds, qui se conservent longtemps frais.

(**) *Journal général de médecine*, LXXX, 97.

sel capable de neutraliser ou d'absorber le dissolvant, le gluten abandonné reprendra sa première adhérence, et enveloppera, en se coagulant, toutes les particules vénéneuses que la double décomposition aura épargnées. Mais nous persistons à croire que l'albumine de l'œuf réaliserait ce résultat, dans tous les cas, d'une manière plus prompte et plus sûre.

§ VI. *Emploi du gluten dans les arts.*

1395. L'on se sert encore, dans le midi de la France, du *gluten* extrait de la farine du *Phalaris canariensis*, pour agglutiner entre elles les feuilles de cuir qui composent la semelle, et pour en rendre la soudure imperméable à l'eau. Le gluten extrait tout exprès de la farine des céréales, coûterait trop cher pour être consacré à un tel usage. Il n'en sera pas de même du gluten obtenu par le nouveau procédé des amidonniers (1074), qui, auparavant objet de rebut, pourra être livré à l'industrie, à un prix inférieur même à celui du gluten du *Phalaris canariensis*. Il est probable que ce sera là, pour cette fabrication nouvelle, un de ses principaux débouchés.

1396. Mais il est un autre genre d'application, dans lequel le gluten de rebut paraît devoir jouer un grand rôle. On sait que les raisins du midi de la France abondent en une substance, qui fait faute aux raisins du Nord, qu'ils sont aussi riches en sucre que ceux du Nord le sont en acide et en gluten. Les vins qu'on obtient des premiers, se distinguent par une saveur sucrée et liquoreuse, qui en fait le prix. Or, pour transformer cette quantité de sucre en alcool, il faudrait ajouter au moût, une quantité nouvelle de substance glutineuse. En jetant donc dans la cuve, le gluten obtenu de l'extraction de l'amidon des céréales, on rendrait les vins du midi encore plus riches en alcool qu'ils ne le sont déjà ; et en cessant d'être vins de table, ils n'en acquerraient que plus de prix pour les distilleries. Le gluten desséché à l'étuve serait tout aussi propre à cette destination que le gluten encore frais.

§ VII. *Glu.*

1397. « La glu du commerce est une substance d'un aspect verdâtre, d'une consistance glutineuse et collante, qui s'attache aux doigts et les poisse, propriété que l'oiseleur utilise, pour engluer les petits oiseaux qui viennent se reposer. On l'extrait en grand de l'écorce du houx (*Ilex aquifolium*). et des baies du gui (*viscum album*) ; on laisse pourrir ces organes pendant quinze jours en terre ou à la cave, on les bat ensuite dans un mortier, et on lave à grande eau la glu, qui s'attache au pilon et aux verges. La glu est insoluble dans l'eau, mais elle s'en imbibe; elle brûle avec flamme et répand une odeur animale; elle est soluble dans les alcalis, l'essence de térébenthine et l'éther ; les baies épuisées par l'éther cèdent à l'alcool une matière extractive brune, soluble dans l'eau ; les baies du gui épuisées par l'alcool se gonflent dans l'eau, qui en outre s'empare d'une espèce de gomme et entraîne du mucilage végétal insoluble, qui se gonfle et se sépare difficilement de la dissolution. La dissolution séparée du mucilage par filtration et évaporée, donne une espèce de gomme visqueuse, analogue à la gomme arabique, qui fournit de l'acide mucique par l'acide nitrique ; la potasse caustique dissout la glu à l'aide de la chaleur, et la rend soluble dans l'alcool. » Ces renseignements empruntés à Bouillon-Lagrange et à Henry, font penser à Berzélius que la glu « doit être considérée comme une espèce de résine gluante, qui ne sèche pas, et qui, sous ce point de vue, ressemble à un mélange de suif et de colophane fondus ensemble. « Par la même filière de raisonnement, l'auteur aurait pu admettre que, sous ce dernier point de vue, la glu est analogue à de la gomme ou à du sucre amenés à l'état sirupeux.

1398. Quant à nous, demandons à une méthode plus rationnelle, une analogie moins arbitraire. Le gluten, avons-nous établi (1237), n'est chez les céréales que le tissu cellulaire, dans les mailles duquel s'engendre l'amidon. Mais si ce tissu cellulaire, au lieu des globules d'amidon, engendrait les globules de fécule verte et résineuse (1098), globules qui ne se désagrégent pas comme ceux de l'amidon, il s'ensuivrait qu'au lieu d'apparaître après la malaxation, avec l'aspect grisâtre du gluten de la farine, il s'offrirait avec l'aspect verdâtre de la glu, puisque la malaxation sous l'eau ne l'aurait dépouillé que des substances solubles dans l'eau, et nullement de la matière verte.

1399. Mais si vous faites pourrir dans l'ombre, les organes végétaux qui abondent en gluten, il devra se former de l'ammoniaque, qui, réunie à la quantité d'ammoniaque que recélait déjà la substance glutineuse (1236), ne saurait manquer de rendre cette substance soluble dans les menstrues qui, à l'état neutre, n'auraient jamais pu l'attaquer. L'éther nitreux en dissoudra une partie (*),

(*) C'est l'éther nitreux et non l'éther acétique qui dissout la

l'alcool achèvera de dissoudre l'autre, mêlées toutes les deux à la résine également soluble dans l'un et l'autre menstrue, et l'eau reprendra le reste, en même temps qu'elle s'emparera de la gomme, que la dissolution de ce tissu cellulaire aura mise en liberté. La glu n'est donc qu'une des nombreuses formes que les mélanges prêtent au gluten ou tissu à base ammoniacale (850) ; chez la baie du gui, c'est le tissu du péricarpe; chez le houx, c'est celui de l'écorce qui commence à passer. Aussi retrouve-t-on la glu dans plus d'une espèce végétale : dans les baies du *viburnum lantana*, dans les tiges du *gentiana lutea*, dans les feuilles du *ficus religiosa*, du *cynanchum arghel* Del., de l'*althæa officinalis*, dans le *boletus hepaticus* (glu de chêne et de Chine), à la surface de l'*ononis natrix*, du *lychnis viscaria*, du *saxifraga tridactylites*. On l'extrait en grand en Amérique, du *sapium aucuparium*, et en Égypte, des sébestes, *cordia sebestana*.

SEPTIÈME GENRE.

ORGANES POLLINIQUES.

1400. J'entends, par *organes polliniques*, des cellules assez compliquées dans leur organisation, qui s'isolent en général, et qui recèlent dans leur sein la substance destinée à déterminer le développement d'un nouvel individu, sous forme soit de *graine*, soit de *bourgeon*, c'est-à-dire à féconder un organe femelle. La nécessité de cette définition nouvelle sera motivée, par les rapprochements et les analogies de la seconde partie de ce genre. Car je diviserai ce genre en *organes polliniques internes* ou *pollen des anthères*, et en *organes polliniques externes* ou *pollen des organes foliacés*.

PREMIÈRE ESPÈCE.

Pollen des anthères (*).

1401. Tout le monde a remarqué, autour du jeune fruit du lis ou de la tulipe, les six *filaments* blancs qui dépassent presque la corolle, et qui portent à leur sommet un corps jaune, allongé, et oscillant comme une aiguille aimantée sur son pivot. Ce corps jaune que l'on nomme *anthère*, est un coffre à deux compartiments parallèles qui, à une certaine époque, s'ouvrent avec explosion, et lancent, sur le stigmate du jeune fruit, une poussière jaune qui y reste attachée. Cette poussière, c'est le *pollen*; elle se compose de grains plus variables encore, dans leurs formes et dans leurs dimensions, que ne le sont les grains d'amidon (1036).

§ I. *Caractères physiques des grains de pollen.*

1402. Les grains de pollen varient de forme et de dimensions, dans les limites les plus larges selon les genres, et en subissant de simples modifications selon les espèces. Lisses et sphériques ou allongés dans les graminacées, les cypéracées et le plus grand nombre des monocotylédones corolliflores; sphériques et mamelonnés sur toute leur superficie dans les tulipes (pl. 10, fig. 13), les malvacées, le *convolvulus arvensis* (fig. 21), et un grand nombre de composées; triangulaires à angles en mamelons dans le *lopezia stachytarpheta*, les *œnothera*, le *cucurbita leucantha* (pl. 10, fig. 26), le *scabiosa caucasica*, etc.; bilobés dans les conifères (fig. 27, 28), on les voit s'agglutiner les uns contre les autres et former des masses plus ou moins solides, dans les orchidacées et les asclépiadacées.

1403. Ceux des graminacées affectent quelquefois $\frac{1}{100}$ et dépassent à peine $\frac{1}{20}$ de millimètre, tandis que ceux du *cucurbita leucantha* atteignent $\frac{1}{14}$, ceux de l'*hibiscus rosa sinensis* $\frac{1}{25}$, $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{7}$, ceux du *stachytarpheta* $\frac{1}{7}$ sur les côtés et $\frac{1}{12}$ sur leur épaisseur.

Leur couleur par réflexion varie aussi à l'infini, du blanc au gris, au jaune, au purpurin, au rouge, etc.

§ II. *Développement des grains de pollen.*

1404. Dès mes premières recherches sur le *pollen*, j'eus lieu de remarquer que ses grains ne jouaient pas toujours librement dans les boîtes (*thecæ*) de l'*anthère* (1401). L'analogie, qui m'avait toujours servi si sûrement de guide, depuis mes découvertes sur l'*amidon*, me fit porter plus spécialement mon attention sur cette nou-

glu; car l'éther nitreux renferme un acide plus énergique que l'éther acétique, acide qui agit encore comme menstrue dans la dissolution.

(*) *Bull. des sciences nat. et de géol.*, tom. IX, n° 78, septembre 1826. — *Ibid.*, tom. X, n° 176. — *Annal. des sc. d'obs.*, tom. IV, pag. 313, mai 1830. — *Mém. de la Soc. d'hist. nat. de Paris*, tom. III, *sur les tissus organiques*, §§ 67 et 90.

velle circonstance ; et je ne tardai pas à m'assurer que, de même que les grains d'amidon, les grains de pollen croissent dans les mailles d'un tissu cellulaire.

1405. Car si l'on examine la structure de ces boîtes bien avant la fécondation, on s'assure que l'intérieur en est rempli, dans le principe, de granulations très-petites, qui se présentent de jour en jour, avec des dimensions plus grandes, qui s'isolent de plus en plus, et qui enfin atteignent les formes et les dimensions des grains de *pollen*, tels qu'on les retrouve à l'époque de la fécondation même.

1406. En même temps que ces grains s'isolent, on observe distinctement que l'intérieur de ces boîtes (*thecæ*) est divisé par des cloisons plus ou moins nombreuses, et forme des cellules, dans l'intérieur desquelles sont logés les grains de pollen. Ces cellules en général sont glutineuses, élastiques, filantes, et sont entraînées par la pointe de l'aiguille, en enveloppant les grains, qu'elles recouvrent, comme une toile d'araignée ; ce phénomène est très-sensible dans l'*hibiscus rosa sinensis*, L. Quelquefois, par l'effet du déchirement, ce tissu cellulaire glutineux s'étire en petits filaments, qui s'étendent, d'une paroi ou d'une extrémité de la boîte à l'autre. Ce tissu élastique se comporte avec les réactifs, exactement comme le gluten des céréales, et il disparaît dans les anthères de certains végétaux, soit par la dessiccation, qui l'émiette, soit par la formation d'un acide qui le rend soluble et coulant.

1407. Ce qui achève encore mieux de démontrer que les grains de pollen ne sont, ainsi que les grains de fécule, que des cellules isolées, c'est l'anatomie de ces *déviations* si fréquentes, par lesquelles un pétale de rose ou de toute autre fleur double produit des grains de pollen, sur un point quelconque de sa surface. On voit, en effet, les cellules d'alentour passer par des gradations successives de dimensions et de coloration, à la forme d'organes polliniques, d'une manière si frappante, qu'il ne reste plus le moindre doute à l'observateur.

§ III. *Organisation et analyse microscopique du grain de pollen.*

1408. La structure compliquée du grain de pollen est bien plus sensible que celle du grain d'amidon, à cause de la nature des substances hétérogènes, qui enrichissent son tissu.

1409. La seule inspection du *pollen* du *pinus sylvestris* (pl. 10, fig. 27, 28) suffit pour reconnaître que la cellule principale, qui sert ici de tégument général, renferme dans son sein quatre grandes cellules, dont deux latérales offrent un grand paquet jaune rougeâtre à leurs extrémités; une antérieure, transparente (fig. 27), et une autre postérieure, blanche et opaque (fig. 28). En observant les grains sphériques et transparents du *pollen* des graminacées, on serait tenté de considérer le grain de pollen du *pinus sylvestris* comme le résultat de l'association de deux grains de pollen, dans le même tégument. Car, dans l'intérieur du grain de *pollen* des graminacées, on observe un paquet central de cellules, analogue à chacun des deux paquets du *pollen* des pins. A travers le *pollen* du *convolvulus arvensis* (pl. 10, fig. 21), qui par réflexion est grisâtre, on observe, par réfraction (fig. 29), six segments, dont trois opaques et trois transparents, qui lui donnent l'aspect d'une *balle à jouer*.

1410. A travers le *test* épais des grains de *pollen* des tulipes (pl. 10, fig. 13) ou des malvacées, on n'aperçoit plus aucune organisation interne, mais on est forcé d'admettre, à la seule inspection, que ce *test* est organisé lui-même, et que toutes ces papilles, qui s'allongent en poils gros et courts sur le *pollen* de l'*hibiscus*, ne sont que des cellules faisant saillie au dehors. L'anatomie du pollen du *nyctago jalappæ* (car on peut disséquer le grain de cette espèce), l'anatomie confirme cette idée, et démontre l'organisation de l'intérieur du grain. Lorsqu'on coupe par le milieu ce gros grain de *pollen*, les deux calottes ont de la peine à se séparer l'une de l'autre, et en les séparant par la traction des deux aiguilles, on voit qu'elles étaient retenues par un tissu élastique, infiniment transparent, et qui divisait l'intérieur du grain en plusieurs compartiments cellulaires. Chacune de ces calottes, vue de champ et par réfraction au microscope, offre aux yeux l'aspect d'un tissu cellulaire serré, parsemé régulièrement et en quinconces de grandes cellules (pl. 10, fig. 19), dont la disposition rappelle la structure du test de l'œuf de l'alcyonelle et de la spongille (*). Ces grandes cellules, si elles faisaient saillie au dehors, donneraient, au *pollen* du *nyctago*, l'aspect extérieur de celui des malvacées. Au lieu de toutes ces cellules disposées en quinconces, le test tricorne du pollen des onagres, etc., offre, même par réfraction, une cellule transparente à chacun de ses angles (1403).

(*) *Mém. de la Société d'hist. nat. de Paris*, tom. IV, pl. 15, fig. 5, et pl. 21, fig. 4, 1827.

Enfin nous avons démontré (*) dernièrement, que les grains de pollen étaient tapissés à l'intérieur, par des tours de spires, que nous avons rencontrés dans toutes les cellules végétales, de quelque calibre et de quelque nature qu'elles soient. L'analogie des grains de pollen ne saurait être plus complète.

1411. Les grains de pollen ne sont pas plus libres, dans les cellules glutineuses qui remplissent la capacité du *theca* (1406) de leurs anthères, que les grains d'amidon (991) dans l'intérieur des cellules, soit ligneuses, soit glutineuses (1237). Chacun de ces grains est muni d'un *hile*, par lequel il tenait à la paroi qui lui a donné naissance; et ces *hiles*, dans les anthères d'*epilobium*, tiennent à cette paroi par de longs funicules blancs, espèces de cordons ombilicaux que les botanistes ont pris pour des filaments entre-croisés et disposés là au hasard. En faisant rouler un grain dans l'eau du porte-objet, il devient aisé d'observer au passage ce *hile*, emportant quelquefois avec lui un fragment quelconque du tissu cellulaire (pl. 10, fig. 13). Mais afin de le mettre mieux en évidence, il suffit de déposer un grain de pollen dans l'acide sulfurique, qui, en dissolvant les substances opaques du grain, sans attaquer son test, laisse apercevoir distinctement l'ouverture du *hile* (pl. 9, fig. 6, *aa*).

1412. L'analyse microscopique va nous révéler à son tour, non-seulement l'organisation interne et externe du grain de pollen, mais encore la nature des substances que chaque ordre de ses cellules renferme.

1413. A peine les grains de pollen tombent-ils sur la goutte d'eau déposée au porte-objet, que chacun d'eux manifeste des mouvements de recul; et bientôt on voit sortir, par une explosion quelquefois assez forte, un boyau qui se roule sur lui-même, ou un nuage de granulations qui se dispersent dans l'eau. C'est par la filière du *hile* (1411) que passent ces organes, ainsi que mes expériences et toutes mes observations le démontrent; et ce phénomène a lieu sur certains pollens, même deux ou trois ans après la récolte de la plante, par exemple, sur celui de l'*helianthus annuus*. J'ai représenté (pl. 10, fig. 29) le pollen du *convolvulus arvensis* éjaculant ce long boyau; celui-ci reste insoluble dans l'eau, et sous l'effort des deux aiguilles, il s'étend et s'étire en filaments élastiques, en répandant des myriades de granulations; on observe, dans son intérieur, des granulations, et souvent des compartiments cellulaires. L'alcool coagule sa substance, l'ammoniaque la ramollit, mais sans la dissoudre entièrement.

1414. Si on laisse séjourner, entre les deux lames de verre, des grains de *pollen de tulipe* (fig. 13) dans l'alcool à 38°, ou dans l'éther froid, on obtient bientôt ces organes sous la forme de la fig. 17; l'alcool a enlevé toute la substance purpurine qui rendait la superficie du pollen rigide, et l'épiderme se montre vide, transparent et distendu; dans le centre, on observe des cellules agglomérées et colorées légèrement en jaune rougeâtre, que l'alcool n'a point attaquées à froid; à la base on remarque bien distinctement le *hile*.

1415. Un phénomène presque contraire se présente, lorsqu'on fait séjourner à froid les grains de pollen de tulipe dans l'ammoniaque; l'ammoniaque respecte ce que l'alcool a attaqué, et attaque ce que l'alcool a respecté. Toute la périphérie du grain reste rigide et opaque, quoique colorée en rougeâtre; mais bientôt cette coque est déchirée par l'enflure toujours croissante d'une vésicule remplie d'un liquide diaphane malgré sa couleur jaune de cire, et qui finit par sortir et rejeter derrière elle la coque rougeâtre, comme l'insecte rajeuni rejette son antique dépouille. Cette vésicule sort quelquefois seule et parfaitement isolée, comme le montrent les fig. 15 et 16; mais d'autres fois on en voit sortir plusieurs ensemble, du sein de la même coque, aux parois internes de laquelle elles restent adhérentes, par un point de leur surface. La fig. 14 en représente trois, dont une, qui était plus blanchâtre que les deux autres, aurait semblé partir de la deuxième, si la différence de coloration n'avait pas indiqué suffisamment qu'elle n'avait aucune communication avec cette dernière, et qu'elle venait s'insérer, sur la paroi interne de la coque, par un pédoncule très-long, lequel passait en dessous de la vésicule jaune. J'ai écrasé avec une pointe ces grandes vésicules, elles se sont vidées; et en étendant d'eau le liquide, leurs parois se sont présentées aussi incolores que les téguments isolés du grain de fécule.

1416. En conséquence, la substance soluble seulement dans l'ammoniaque à froid, qui est la *cire*, se trouve dans les cellules internes du grain de pollen de tulipe; et la substance soluble dans l'alcool et l'éther froid, qui a tous les caractères de la résine, se trouve dans les cellules externes dont est formé le test purpurin du même grain. L'éther enlève, à ces organes, de l'huile fixe et essentielle, qui, chez certains pollens, tels que celui des cucurbitacées, semble suinter de tous leurs pores, et se répandre, par ondulations

(*) *Nouv. syst de physiol. végét. et de bot.*, pl. 41, fig. 20

de globules, dans l'eau ambiante. On reconnaît facilement leur nature, en laissant évaporer l'eau qui les supporte; ces globules ne tardent pas à s'évaporer à leur tour, et abandonnent sur le porte-objet les substances résineuses qu'ils tenaient en dissolution. On complète la démonstration, à l'aide de l'éther et de l'alcool, qui s'en emparent, et les déposent ensuite avec plus d'uniformité.

1417. L'acide hydrochlorique produit, sur le grain de pollen, le même effet que l'eau (1413) et l'ammoniaque liquide (1415). J'ai placé au porte-objet, des grains de pollen du *cucurbita leucantha* (pl. 10, fig. 26) sur une goutte d'acide hydrochlorique; les grains, d'arrondis qu'ils étaient, poussèrent presque tous au dehors, des mamelons également distants les uns des autres, et qui rendaient le grain tricorne; mais j'eus lieu d'en remarquer un certain nombre, chez lesquels un mamelon semblait s'être allongé en un boyau membraneux, renfermant à son sommet une vésicule sphérique granulée, qui avait été entraînée avec violence, dans cette espèce de cul-de-sac.

1418. L'explosion pollinique ne peut donc être attribuée, ni à une de ces actions vitales, dans lesquelles se réfugie l'imagination, toutes les fois que l'explication paraît embarrassante (car la vitalité cesse dans l'ammoniaque et dans l'acide hydrochlorique); ni à la fermentation (car la fermentation est paralysée par ces deux menstrues; elle se manifeste, du reste, par le dégagement de bulles de gaz; elle ne s'établit qu'à la longue: or, à la température de l'été, notre explosion a lieu dès qu'il y a contact de l'eau et du menstrue). Mais si l'on se rappelle que l'intérieur du grain de pollen est distendu par un tissu cellulaire ayant tous les caractères essentiels du *gluten* (1406), la difficulté n'offre plus rien d'insurmontable. Les tissus glutineux, en effet, sont avides d'eau, d'ammoniaque, d'acide hydrochlorique, etc., et, s'ils ne se dissolvent pas toujours dans ces trois menstrues, du moins ils se combinent avec eux; or il est évident que cette combinaison intime d'un tissu avec un menstrue doit augmenter son volume, que la chaleur produite par cette combinaison chimique doit encore ajouter à l'intensité de ce phénomène physique, qu'en conséquence le tissu glutineux dilaté ne pourra plus être contenu dans la capacité de la coque externe, et qu'il sortira, par la filière du *hile*, sous forme d'un boyau plus ou moins allongé. Ce qui vient encore à l'appui de cette explication, c'est que quelques coques de pollen, au lieu d'éjaculer un boyau ou un nuage de granules, se brisent en éclats. Au reste, par ce que nous avons dit au sujet du gluten (1265), il est facile de concevoir que l'éjaculation par nuage n'est qu'une modification de l'éjaculation par boyau; dans le premier cas, le tissu glutineux sort, en se dissolvant dans l'eau, à l'aide d'un acide qui est expulsé avec lui; et alors les granules infiniment petits qui s'agitent, dans le liquide, ne sont que des précipités (644) de *gluten*, tandis que, dans le second cas, le gluten s'élance dans l'eau sans dissolvant, et avec sa forme cellulaire.

1419. L'iode colore en bleu les cellules centrales du grain de *pollen* (946), ce qu'on observe facilement sur le *pollen* des graminacées (*), et sur tous les grains polliniques à test mince et transparent. Mais cette coloration est due à toute autre substance qu'à l'amidon, dont aucune expérience en grand ou en petit ne peut démontrer l'existence dans les grains polliniques.

1420. Certains pollens se colorent en purpurin par l'acide sulfurique concentré, ce qui démontre, dans leur intérieur, la présence simultanée du sucre et de l'albumine ou de l'huile.

1421. Quant à la région respective que la résine et la cire occupent, dans les cellules du grain de pollen, elle est aussi variable que la forme du grain de pollen lui-même. L'analyse que j'ai présentée, du pollen de la tulipe, fournit un exemple, mais n'exprime pas une loi.

1422. Il ne faudrait pas croire que les cellules résinifères de certains *pollens* soient le tégument le plus externe du grain; cette couche est recouverte par un épiderme translucide qui, à l'époque de leur maturité, les tapisse, en s'appliquant exactement sur leur surface; mais, à l'état de jeunesse et longtemps avant l'acte de la fécondation, les grains de pollen du *muscari*, par exemple, offrent un épiderme très-distinct du test résineux qui alors en occupe le centre, et qui, en se développant de plus en plus, vient s'agglutiner de telle sorte contre la paroi, qu'il ne peut plus en être séparé qu'à l'aide des réactifs.

1423. J'ai dit plus haut, qu'à part quelques cas fort rares où le pollen éclatait dans l'explosion, l'éjaculation de la matière fécondante se faisait par le *hile* (1413), c'est-à-dire à travers le point par lequel le grain de pollen adhérait contre la paroi intérieure des cellules glutineuses qui remplissent l'anthère (1410). Cependant on a décrit, sur d'autres pollens, une suture longitudinale bordée de *sphincters* destinés à la fermer et à l'ouvrir

(*) *Annal. des sciences natur.*, tom. VI, 1825, pl. 16, fig. 1, de mon Mémoire *sur la fécule*.

(pl. 10, fig. 20). Mais ces sutures et ces *sphincters* ne sont que des illusions d'optique provenant, soit de la dessiccation du grain de pollen, soit de sa structure interne ; en suivant la manière de raisonner des physiologistes, il faudrait admettre des sutures et des sphincters sur le grain de fécule (911). Le meilleur moyen de réfuter ces opinions, basées sur un simple coup d'œil, c'est de leur opposer des observations qui n'exigent pas des procédés plus compliqués. Or qu'on observe les grains du *pollen* de *Zamia* (pl. 10, fig. 18, 22, 23, 24 et 25); ce prétendu *sphincter* se présente sur ces grains avec des nuances si bien ménagées, qu'on le voit déborder en relief le grain, s'y concentrer sous forme d'une cellule, mais rester invariable dans ses divers aspects, soit à sec, soit à l'état humide. Les *sphincters* que l'on a cru voir s'ouvrir par la dessiccation, et se fermer par l'humidité, proviennent donc d'un simple retrait, d'un simple pli, que la dessiccation produit sur certains pollens à test mince et flexible.

§ IV. *Qu'est-ce que la pollénine* (Bucholz et John) (*)?

1424. Pour obtenir cette substance du *pollen* du *Lycopodium clavatum*, Bucholz et John épuisent le *pollen* par l'eau, l'alcool, et à la fin par une solution de potasse, dans le but de dissoudre successivement le sucre, la résine, l'huile grasse, etc. ; il reste à la fin 89,5 pour cent de *pollénine*, qui conserve la couleur jaune, la forme pulvérulente, et la combustibilité du pollen. Cette substance se putréfie comme le *pollen* qu'on abandonne à l'humidité ; elle répand à la fin une odeur de fromage pourri (923). L'acide nitrique la transforme, comme le gluten, en acide malique, oxalique, en amer de Welter (1296), et en suif. Selon Fourcroy, la *pollénine* du dattier se dissout en petite quantité dans l'acide hydrochlorique. D'après Braconnot, la *pollénine* du typha (993) se dissout sans se décomposer dans les acides concentrés, tels que les acides sulfurique, hydrochlorique et acétique bouillant, dans la potasse, l'ammoniaque. Macaire Princep a trouvé que le *pollen* du cèdre brûle avec moins de vivacité que celui du lycopode (**) ; il pense que la pollénine ne renferme pas d'azote, et ne donne pas d'ammoniaque par sa décomposition spontanée, et il la compare à l'amidon!

L'analyse comparative de la *pollénine* du cèdre et du *Lycopodium* lui a fourni le résultat suivant :

	Carbone.	Hydrog.	Oxygène.
Cèdre,	40,0	11,7	48,3
Lycopode,	52,2	8,6	39,2

1425. On le voit assez clairement : selon la nature des végétaux, selon les procédés de l'analyse, cette substance immédiate diffère autant d'elle-même que de toute autre substance organisée ; mais la chimie moderne n'y regardait pas de si près, pour créer des dénominations nouvelles.

1426. Je me garderai bien de considérer, comme une anomalie suspecte, l'absence complète de l'azote, dans une substance qui pourtant donne, par sa décomposition spontanée, des produits ammoniacaux. J'ai constaté moi-même que le produit de la combustion du *pollen* du cèdre est acide et non alcalin ; et d'un autre côté, j'ai constaté aussi que le même pollen, placé à l'humidité, se change en acide caséique et se putréfie comme les autres. Mais ces faits, que la chimie moderne eût regardés comme contradictoires, viennent au contraire à l'appui de ce que j'ai avancé sur la formation spontanée de l'ammoniaque, dans une substance non azotée (1349), dans l'amidon, par exemple, qui est bien la moins azotée des substances, quand elle est entièrement pure de gluten (881, 925).

1427. Mais pour celui qui aura répété les observations microscopiques qui précèdent ce paragraphe, il sera évident qu'au lieu d'obtenir une substance immédiate, par les différents menstrues qu'ils ont employés, les auteurs des précédentes analyses n'ont obtenu qu'un mélange plus ou moins altéré. Quant aux chimistes qui n'ont foi qu'aux résultats des analyses en grand, ils n'auront pas de peine à concevoir que soumettre le *pollen* à l'analyse élémentaire, ce n'est pas lui soumettre la prétendue *pollénine* ; qu'en conséquence M. Macaire Princep ayant analysé deux *pollens* intègres, dont l'organisation est loin d'être identique, il n'y a plus rien d'étonnant qu'il ait trouvé des nombres si peu concordants.

(*) *Annal. des sciences d'observat.*, tom. III, pag. 388 et 443, 1830.

(**) On se sert du *pollen* du *Lycopodium* pour les feux d'artifice de nos théâtres ; on pourrait employer au même usage le *pollen* des conifères, ainsi que la poudre que lancent les vesces-de-loup (*Lycoperdon*). Celui des conifères est si abondant, qu'on a vu des plaines entières couvertes de cette substance chassée par les vents. Le peuple, dans sa superstition, interprétait ce phénomène, en supposant qu'il était tombé une pluie de soufre.

Car, de tout ce que nous avons dit plus haut (1421), il résulte que, sous le rapport des proportions, l'analyse du *pollen* devra varier à l'infini, selon les diverses plantes ; que les uns possédant plus de résine et plus d'huile essentielle, fourniront à l'analyse plus d'hydrogène que ceux qui possèdent au contraire plus de sucre et de gluten ; que le gluten des uns semblera plus abondant (parce qu'il sera plus élastique et plus insoluble, 1238), plus azoté (parce qu'il aura été plus longtemps malaxé ou qu'il renfermera plus de sels ammoniacaux).

1428. Si les auteurs des analyses précédentes avaient examiné au microscope leur prétendue *pollénine*, ils auraient certainement vu, qu'au lieu d'une substance immédiate, il leur était resté entre les mains une poudre composée de grains de pollen avec leur épiderme (1422), leur *test* (1410), leur gluten intérieur, une certaine quantité de résine et d'huile que les plus grands lavages ne pourraient extraire du sein des cellules internes, sans désorganiser la majeure partie des tissus. C'est le mélange inséparable de ces substances organisées et organisatrices, qui communique au gluten du *pollen* les qualités étrangères qui ont donné le change à l'analyse, et qui varieront, comme je l'ai déjà dit, à chaque nouvelle expérience.

1429. La *pollénine* des auteurs n'est donc que du gluten (1258) avec toutes ses variations accidentelles.

§ V. *Examen critique de quelques autres substances qu'on a signalées dans le pollen* (*).

1430. Eau. — « Cent parties de pollen de typha, dit Braconnot, ont perdu, par la dessiccation, 48 parties d'humidité, ce qui est d'autant plus remarquable que cette poussière a une apparence si sèche, qu'elle semble couler d'un vase à un autre, sans y adhérer. »

1431. Ce fait n'est étonnant que pour celui qui n'a pas étudié la structure du *pollen*. Qu'y a-t-il, en effet, de remarquable qu'une vésicule à *test* résineux, et par conséquent sec et lisse, renferme dans son sein la moitié de son poids de parties aqueuses? Mais laissez cette poussière exposée à l'air atmosphérique, et l'humidité ne tardera pas à se révéler dans son sein, par le développement de la fermentation. Il faut observer encore que la dessiccation artificielle éliminera, non-seulement de l'eau, mais encore de l'huile essentielle et autres substances volatiles.

1432. Matière peu azotée. — En lisant les détails de l'analyse de Braconnot, il devient évident que cette substance est un double emploi de la pollénine, comme la *zimôme* est un double emploi de la *gliadine* (1275).

1433. Suif formé de stéarine et d'oléine. — Sans attacher ici trop d'importance à la dénomination du suif, il est permis de penser que la substance grasse que désigne Braconnot, et qu'il a isolée par l'éther, était un mélange d'huile, de résine et d'huile essentielle. Nous renvoyons, à ce sujet, nos lecteurs aux articles des graisses.

1434. Amidon. — L'analyse n'a rien offert à Braconnot qui eût les caractères de l'*empois*; l'eau bouillante n'a rien enlevé au pollen qui simulât la substance soluble de la fécule. Mais ayant vérifié ce que j'avais avancé en 1825 (**), savoir que l'iode colore en bleu l'intérieur des grains de pollen, l'auteur, sur cette simple donnée, a conclu que le pollen renfermait de l'amidon. Si la coloration en bleu par l'iode suffit pour admettre l'existence de l'amidon dans une autre substance, pourquoi ne l'admet-on pas dans la résine de gaïac (948)?

§ VI. *Aura seminalis. — Prétendus animalcules spermatiques.*

1435. On entend, par *aura seminalis*, la substance qui, en s'introduisant dans les vaisseaux du pistil, détermine, soit la création, soit le développement de l'embryon. La chimie a été, jusqu'à ce jour, inhabile à nous en révéler la nature.

1436. Dans ces derniers temps (588), Adolphe Brongniart a occupé longuement l'Institut d'un système, où il tendait à faire considérer les granulations qui sortent pendant l'explosion du pollen, comme étant les analogues des animalcules spermatiques ; il en a décrit la forme, invariable d'après lui, les dimensions, et enfin les mouvements sur lesquels il basait leur animalité. Je combattis ce roman, en démontrant que ces mouvements ne différaient, en aucune manière, des mouvements imprimés à tout corps nageant

(*) *Annal. des sciences d'observat.*, tom. III, pag. 386

(**) *Annal. des sciences naturelles*, tom. VI, pl. 16, fig. 1

à la surface de l'eau, par l'impulsion de l'explosion, par la pente du porte-objet, par l'agitation de l'air, par l'ébranlement du sol, par les mains et par le souffle de l'observateur, et par l'évaporation de la substance, quand elle est volatile. Sur ces entrefaites, Rob. Brown vint renchérir sur l'opinion de Brongniart, en la généralisant; d'après lui, tous les corps suspendus à la surface de l'eau étaient doués d'un mouvement, sinon spontané, du moins inhérent à leur nature. Je consacrai de nouvelles pages à la réfutation de cette nouvelle publication; et bientôt l'Institut qui, dans un élan de complaisance, avait accordé une couronne à ces prodiges, fut forcé d'en venir, de rapport en rapport, jusqu'à une rétractation formelle. Aujourd'hui les savants indépendants et non subventionnés partagent tous mon opinion (*); aussi, sans entrer plus avant dans le fond d'une discussion qui a absorbé tant de pages, je me contenterai de rappeler que les granules qui sortent du *pollen*, lancés avec explosion dans le liquide, sont très-souvent des bulles infiniment petites d'huile essentielle pure ou tenant en dissolution de la résine, et d'autres fois du gluten précipité de son dissolvant par le mélange de l'eau (1285).

1437. En conséquence, la substance fécondatrice reste encore à déterminer; et je ne sais si je dois me permettre de mentionner ici les expériences de Henschel, qui, en Allemagne, a prétendu qu'on pouvait féconder les pistils des plantes avec des poussières même inorganiques, telles que la poudre de craie, de soufre et de charbon; ce travail n'est en vérité qu'une longue mystification; elle n'a été prise au sérieux en France que par un iconographe de l'Institut, dont le talent d'observation se réduit au talent de copiste, mais qui ne copie pas toujours des idées aussi maladroites. Je craindrais trop, à mon tour, d'imiter sa témérité, en invitant les expérimentateurs à vérifier l'assertion suivante que je leur livre avec la plus grande réserve. Ce boyau glutineux et ces globules glutineux (1418) qui s'élancent sur le pistil, et y disparaissent, ne seraient-ils pas destinés à porter, à travers les papilles aspirantes du stigmate, les éléments de la fermentation organisatrice, dans la cellule où doit naître l'ovule végétal?

(*) Voyez, à ce sujet, notre premier travail *sur les granules du pollen*, *Mem. de la Société d'hist. nat. de Paris*, tom. IV — *Annal. des sciences d'observat.*, tom. I, pag. 230, 1829; et tom. III, pag. 92, 1830. — Tiedemann a copié textuellement presque tous les résultats de nos réfutations, dans son *Traité de physiologie de l'homme*, traduit de l'allemand par A.-J.-L. Jourdan. Paris 1831, deuxième partie, § 580, etc.

DEUXIÈME ESPÈCE.

Pollen des organes foliacés. — Lupuline.

1438. Lorsqu'on agite les cônes femelles du houblon dans un sac, il s'en sépare une poudre jaune, qui, tamisée avec soin, pèse de 9 à 12 pour cent de cônes femelles; nombre qui varie en raison de l'époque de la cueillette, des circonstances météorologiques qui l'ont précédée et qui l'accompagnent, enfin en raison des modifications des ustensiles qu'on emploie. C'est cette poudre que Yves nomma *lupuline*, et qu'il trouva, par ses dernières expériences (*Journal de Pharmacie*, tom. VIII, pag. 219), composée de 35 parties de résine, 12 de cire, 11 d'une matière extractive amère, particulière, soluble dans l'eau et dans l'alcool, 5 de tannin, 10 d'extractif insoluble dans l'alcool, et 46 pour cent de résidu insoluble.

1439. Quelque temps après, Planche, Payen et Chevallier s'occupèrent à leur tour de l'analyse de la même poudre; ils reconnurent l'existence des mêmes substances, mais avec des proportions différentes.

1440. Postérieurement à tous ces travaux, j'éveillai l'attention des chimistes, sur l'organisation compliquée et sur l'analogie de la *lupuline*, et je figurai la région qu'occupaient dans ses cellules les substances chimiques. Cette publication (**) nécessita de nouvelles recherches, de la part de Payen et Chevallier, auxquels s'adjoignit Gabriel Pelletan. Il est résulté de leurs recherches la création d'une nouvelle substance qu'ils appellent *lupuline* ou *lupulite*, et qui, d'après les auteurs, est la substance amère du houblon, tantôt blanche ou légèrement jaunâtre et opaque, tantôt orangée et transparente, peu soluble dans l'eau bouillante qui n'en dissout que 5 pour cent de son poids, très-soluble dans l'alcool; elle n'est ni acide ni alcaline, inaltérable par les sels métalliques, insoluble dans les acides et les alcalis étendus; ne répandant l'odeur de houblon que lorsqu'on la chauffe; ne donnant point d'ammoniaque à la distillation, mais beaucoup d'huile pyrogénée.

§ I. *Organisation et analyse microscopique de la lupuline* (Yves).

1441. Examinée au microscope, cette poudre

(**) *Bullet. des sciences phys. et chim.*, tom. VIII, pag. 339 *Mem. sur les tissus organiques*, § 57, tom III des *Mém. de la Société d'hist. nat. de Paris*, 1827.

jaune ne se compose que d'organes vésiculaires riches en cellules, variant de volume autour de $\frac{1}{8}$ de millimètre, et de forme, autour de celle que représente la fig. 6 de la pl. 10. Chacun de ces grains est, après sa dessiccation, d'un beau jaune d'or, assez diaphane, aplati, offrant sur un point quelconque de l'une de ses deux surfaces, l'empreinte de ce point d'attache, par lequel le grain a dû tenir primitivement à l'organe qui l'engendre, point que je désigne ordinairement sous le nom de *hile*. On le voit très-bien sur la fig. 6. Lorsqu'on examine ces grains fraîchement obtenus des cônes femelles encore vivants, on les trouve pyriformes, avec un pédoncule terminé par un *hile*, tels enfin qu'on les voit représentés, à la faveur d'une simple mais forte loupe, aux fig. 10 et 12 de la pl. 10.

1442. Si l'on enferme avec de l'éther une ou deux de ces granulations, dans la cavité des deux lames de verre, on voit l'éther se colorer en jaune d'or, et les granulations devenir de plus en plus transparentes, jusqu'à ne plus retenir qu'une teinte jaunâtre; elles s'offrent alors comme des vésicules aplaties dont la surface supérieure est traversée par quatre plis en croix (pl. 10, fig. 11).

1443. Si l'on répète l'expérience en grand dans un tube de verre, l'éther, par évaporation spontanée, abandonne, au fond du vase, une substance jaunâtre que l'alcool redissout, et, sur les parois du vase, des gouttelettes d'huile essentielle qui, jaunes d'abord, se métamorphosent le lendemain en gouttelettes vertes sur les bords et incolores dans le centre.

1444. L'alcool se colore de la même manière que l'éther; mais le séjour le plus prolongé de cette substance, dans une suffisante quantité d'alcool, ne parvient jamais à la dépouiller de toute la matière jaune qui remplit ses cellules; alors ses grains semblent se dédoubler, et se présentent toujours comme une grande vésicule vide à l'intérieur, et dont les cellules, qui forment ses parois, sont seules remplies de la substance jaunâtre (pl. 10, fig. 7).

1445. L'ammoniaque présente des phénomènes plus dignes encore de remarque. Ce menstrue se colore, par le séjour de la *lupuline*, en un jaune rougeâtre que l'acide sulfurique change en jaune de cire; et l'ammoniaque dépose, par évaporation, une substance qui, après son entière dessiccation refuse de se dissoudre dans l'alcool et dans l'éther, et qui se comporte comme la cire.

1446. Si l'on observe au microscope la poudre épuisée par ce menstrue, on remarque de grandes vésicules entières (pl. 10, fig. 1), ou des calottes de ces mêmes vésicules (fig. 2) infiniment transparentes, et qui sont divisées en un certain nombre de grands compartiments incolores, par un réseau de globules verts disposés en chapelets; elles retiennent encore les traces du *hile*. A côté de ces grands globules transparents, sont des grains jaunes opaques, et à un point quelconque de leur surface est attaché un boyau blanc plus ou moins tortueux et noué (pl. 10, fig. 3), analogue à celui qui sort si souvent du *pollen*, pendant son explosion (fig. 29), ou simple et réticulé (fig. 5), ou bien enfin une vésicule légèrement jaunâtre (fig. 4).

1447. Après un séjour de trois semaines dans une suffisante quantité d'ammoniaque, les cellules centrales du grain de lupuline ne sont pas plus attaquées; mais les globules verts se dépouillent de leur substance verte. Le grain de *lupuline* s'offre alors, comme le grain de fécule vidé sous l'influence de la germination (1002) (pl. 10, fig. 20), c'est-à-dire, avec la forme d'une vésicule presque incolore, dans le sein de laquelle est un paquet de cellules agglomérées (pl. 10, fig. 8). Donc l'ammoniaque n'en a pas attaqué l'intérieur.

1448. On s'assure que les vésicules (fig. 1 et 2) sont l'épiderme du grain de *lupuline*, soit parce qu'on les trouve résistantes sous l'instrument tranchant, ce qui ne serait pas si elles étaient sorties de l'intérieur du grain même, soit en les détachant mécaniquement de la surface du grain à l'aide d'une pointe. On les enlève, en effet, ou par morceau, ou dans leur intégrité, à la faveur d'une déchirure, qui s'opère sur leur surface et dont les bords se referment aussitôt.

1449. On s'assure que le boyau (fig. 3, 4 et 5) est sorti de l'intérieur du grain, en se moulant, pour ainsi dire, à travers la filière du *hile*. Ce boyau, en se tortillant, fait pirouetter la vésicule sur elle-même, et semble l'animer sous les yeux de l'observateur. A la faveur de la transparence des parois du grain, il est facile de voir que ce boyau est pris aux dépens du paquet de cellules internes, qui s'étirent ainsi à travers le *hile*; et enfin l'espèce d'empâtement, qui fixe ce tissu cellulaire aux parois internes du grain, finit par s'en détacher, à peu près, comme la ventouse des annélides se détache de la surface, sur laquelle elle était auparavant appliquée. L'acide hydrochlorique fait sortir ce boyau, aussi vite que l'ammoniaque.

1450. L'iode colore en jaune les cellules externes des grains de *lupuline*, et en purpurin violet les cellules internes (1419).

1451. En étudiant des organes fraîchement extraits de la plante, ces circonstances se présentent d'une manière encore plus pittoresque. A peine place-t-on cette glande fraîche sur la goutte d'eau du porte-objet, que, par une explosion véritablement pollinique, le boyau s'élance au dehors en se tortillant. Lorsqu'on a laissé séjourner les bractées du houblon dans l'eau, on n'a qu'à toucher un de ses organes avec la pointe de l'aiguille, pour faire partir avec explosion ce boyau sinueux, ou au moins un jet nuageux de granules innombrables; et ce phénomène est visible à une simple loupe. On enlève tout aussi facilement la calotte (fig. 1 et 2). En même temps on observe, à la surface de l'eau, une pellicule inorganisée, qui, par l'agitation, se divise en compartiments anguleux, et qui possède tous les caractères de la cire.

1452. Les grains de *lupuline* peuvent fonctionner ainsi, après avoir été conservés dans des bocaux pendant au moins deux années, pourvu qu'ils n'aient pas été soumis préalablement à la chaleur de l'étuve. Seulement alors l'explosion est moins prompte; car l'eau a plus de peine à s'introduire dans l'intérieur du grain, pour attirer le boyau au dehors. En hiver, l'explosion est bien plus tardive et plus lente qu'en été. Cette explosion pollinique d'un organe aussi inconnu, avant mon travail, dans les catalogues de physiologie, est un trait de lumière jeté sur le système de la fécondation des végétaux.

1453. Il résulte de toutes ces expériences que la cire existe dans les grandes cellules de l'épiderme et que la résine verte (*chlorophylle*) occupe les petites cellules en chapelet du même organe (1448) (fig. 1 et 2); que la résine jaune se trouve dans la couche de cellules qui tapisse immédiatement la paroi interne de l'épiderme, et qui forme le *test* du grain de *lupuline* (1410) (fig. 8); que le *gluten* enfin, tel que nous l'avons rencontré dans l'intérieur du grain de *pollen* (1418), occupe ici encore l'intérieur de la vésicule, et en sort avec explosion, sous l'influence des mêmes menstrues que chez le *pollen*. Quant à l'huile essentielle qui exhale l'arome du houblon, l'expérience par l'éther (1443) me fait présumer qu'elle est associée à la résine verte, et réside dans les mêmes cellules (1448).

§ II. *Applications de ces résultats aux expériences en grand.*

1454. GLUTEN. — Les chimistes ne se sont nullement doutés de la présence du gluten dans la *lupuline*; il est resté à leur insu dans le résidu insoluble, qui se composait évidemment de la coque avec son tissu cellulaire, et du gluten renfermé dans l'intérieur de la coque, ou sorti à l'état de boyau (1449).

1455. MATIÈRE EXTRACTIVE AMÈRE, SOLUBLE DANS L'EAU ET DANS L'ALCOOL (Yves). — Cette matière est un mélange, 1° de gluten rendu également soluble dans l'eau et dans l'alcool par la présence d'un acide; 2° de résine amère et d'huile essentielle que le même acide rend soluble dans l'un et l'autre menstrue.

1456. LUPULINE OU LUPULITE (Payen, Chevallier et Pelletan). — C'est la résine mêlée à l'huile essentielle aromatique et rendue soluble dans l'eau et dans l'alcool, à l'aide des acides libres (gallique et malique).

1457. J'ai dit (1451) que l'eau, dans laquelle on a laissé macérer des bractées fraîches, et j'ajouterai même, par anticipation, des feuilles fraîches de houblon, ne tarde pas à se couvrir d'une pellicule de cire, qui vient ainsi se déposer à sa surface, quoique l'eau soit impropre à la dissoudre. Mais on ne doit pas avoir oublié que l'ammoniaque, qui est le menstrue de la cire, se forme partout où il y a fermentation, et il y a fermentation partout où on laisse séjourner dans l'eau des tissus, surtout des tissus glutineux.

1458. Je ne parlerai pas des autres circonstances de l'analyse en grand; car évidemment elle fourmille de négligences et de doubles emplois, qui sont le fait unique de la méthode ancienne.

§ III. *Applications à la physiologie.*

1459. L'analogie, je dirai presque l'identité des grains de *lupuline* avec les grains de *pollen* (1408), résulte sans contredit de toutes mes expériences, en sorte que je ne puis m'empêcher de considérer les uns et les autres organes comme destinés aux mêmes fonctions.

1460. Mais ces glandes polliniques se sont développées sur la page inférieure des follicules, dans l'aisselle desquels se trouvent les ovaires. Si ces glandes sont l'équivalent du pollen des anthères, il doit s'ensuivre que, sans le secours des individus mâles de houblon, les individus femelles seront habiles à produire des graines. Or le fait a été constaté par le plus exact des observateurs, par Spallanzani (*), qui, ne se doutant pas de

(*) *Expér. pour servir à l'hist. de la génér. des anim. et des plantes*, trad. de Senebier, pag. 341.

cette analogie importante, avait conclu que la fécondation des plantes pouvait s'opérer sans le concours des organes mâles. Notre découverte a replacé cette anomalie au rang des faits qui militent en faveur du premier système de la fécondation.

1461. On retrouve des glandes analogues (pl. 10, fig. 9 et 11) sur le calice qui renferme l'ovaire du chanvre, et cela en si grande abondance, qu'on serait tenté de croire que la surface du périanthe est saupoudrée de grains de *pollen*.

1462. Mais ce n'est pas seulement sur la page inférieure des périanthes qu'on rencontre ces organes polliniques; je les découvris sur la page inférieure des feuilles très-jeunes du houblon (*), du chanvre, et on en rencontre d'analogues sur les feuilles en germination de l'érable, sur les feuilles de la mercuriale, de l'épinard, etc., avec des modifications de structure un peu différentes. Ces organes tombent à un certain âge et avec le développement de la plante. Or suivons encore ici les données de l'analogie. Des organes polliniques indiquent d'avance une fécondation à opérer. Mais sur les feuilles de la plante, quelle espèce d'organes peuvent-ils féconder? — J'ai démontré, dans les travaux de pure physiologie, l'analogie de l'ovaire avec le bourgeon; j'ai figuré des ovaires qui retenaient encore les caractères des bourgeons mêmes (**). Eh bien! si l'ovaire a besoin de l'influence de l'organe pollinique pour se développer en embryon, le bourgeon, pour se développer en rameau, serait-il soumis à une loi différente? Et n'est-il pas plus que probable que les organes polliniques des feuilles sont les agents de cette fécondation? La feuille, dans ce cas, serait une anthère insérée, comme l'étamine qui supporte l'anthère, inférieurement à l'*ovaire-bourgeon*, mais différant de l'anthère, en ce que celle-ci tombe, après avoir lancé ses grains sur le pistil, tandis que la feuille survit à l'explosion pollinique, et sert de *cotylédon* nourricier au bourgeon qui se développe, comme elle lui avait servi d'organe mâle, pour déterminer son développement. Quant au pistil, il n'y a qu'à examiner un jeune bourgeon avant sa fécondation, pour ne plus conserver de doute sur l'analogie de cet organe. J'ai figuré (***), à cette fin, des jeunes bourgeons de *Lythrum salicaria*, dont les deux bractées représentent admirablement bien des stigmates de graminacées. Ces bractées se dessèchent ensuite et tombent, comme les stigmates et les pistils de toutes les plantes, après la fécondation.

1463. On objectera qu'il est des feuilles qui, à aucune époque, n'offrent à leur surface le moindre organe analogue aux organes polliniques que je viens de décrire. Je pourrais contester le fait; car, à une certaine époque de son extrême jeunesse, il n'est pas de feuille qui n'offre, au moins sur ses bords, des glandes plus ou moins allongées, dont on retrouve ensuite les traces au bout des dentelures marginales; or l'observation faite sur un assez grand nombre de végétaux met à même de constater que, par des dégradations successives de structure, les glandes polliniques arrivent jusqu'à la simplicité de certains poils, au sommet desquels on trouve encore souvent une vésicule pleine de sucs, soit résineux, soit caustiques. Mais j'admettrai pourtant le fait de l'absence complète de ces organes externes comme vrai, et j'assurerai que même alors la feuille n'est pas privée de ses organes de fécondation; je trouve en effet l'analogue des glandes polliniques, dans ces vésicules compliquées de l'épiderme, que les physiologistes ont improprement nommées *pores corticaux*. Car si l'analogie des formes peut permettre de soupçonner l'analogie des fonctions, quelle plus grande analogie que celle de ces prétendus *pores corticaux*, avec certains grains de *pollen* vides de leurs substances fécondantes (pl. 10, fig. 20)? Dira-t-on que ces *pores corticaux* sont aplatis, tandis que les grains de *pollen*, même vides, sont arrondis; mais il est facile de démontrer le contraire, en laissant macérer dans l'eau le tissu d'une feuille de *phytolacca decandra*; on ne manque pas en effet de rencontrer un certain nombre de ces organes épidermiques, qui se sont pour ainsi dire gonflés, et qui apparaissent alors comme des bourses abouchées aux mailles irrégulières du réseau macéré.

1464. La raison, pour laquelle les glandes polliniques affectent la page inférieure des organes foliacés, se conçoit, quand on voit les jeunes feuilles ou bractées ployées en deux par leur face antérieure. Je ne puis qu'indiquer ici sommairement, et sous forme d'aperçus, ces idées, qui me semblent être destinées à changer un jour la face

(*) Ce sont là les organes que Guettard avait déjà désignés sous le nom de *glandes vésiculaires*. (*Observat. sur les plantes*, vol. II, pag. 22.)

(**) *Sur la formation de l'embryon dans les graminées.* (Annales des sciences naturelles, 1825, tom. IV; Annales des sciences d'observation, tom. II, pag. 238, 1829, etc.). — *Nouveau système de physiologie végétale et de botanique.*

(***) Tom. III des *Mém. de la Société d'hist. nat. de Paris*, pl. 4, fig. 5, § 130.

de la physiologie végétale, en la ramenant à la plus heureuse simplicité, et je renvoie mes lecteurs au *Nouveau système de physiologie végétale et de botanique*, où la démonstration se trouve développée *ex professo*.

§ IV. *Applications à l'industrie.*

1465. On aurait tort de croire que la propriété que l'on cherche à utiliser, en *houblonnant* la bière, réside exclusivement dans les glandes polliniques du houblon. Tous les organes foliacés de cette plante, les tiges mêmes, sont imprégnées de cet arome tant recherché. On le retrouve encore dans tous les organes frais du chanvre, plante qui, en cas de besoin, pourrait remplacer avantageusement le houblon dans la confection de la bière.

1466. Si l'expérience venait à démontrer qu'il y a plus de profit à employer exclusivement les granulations polliniques (*Lupuline*, Yves) soit du houblon, soit du chanvre, on ne devrait pas perdre de vue que les jeunes feuilles, tamisées comme les cônes femelles (1462), sont susceptibles d'en fournir une quantité tout aussi considérable.

DEUXIÈME DIVISION (880).

SUBSTANCES ORGANISÉES ANIMALES.

PREMIER GENRE (*).

TISSU ADIPEUX.

1467. Qu'on prenne une graisse ferme et qui n'ait pas encore été soumise à l'action du mortier ou à celle d'une température élevée (les graisses de mouton, de veau et de bœuf se prêtent très-bien à cette opération; la graisse de porc s'y refuse, à moins qu'on n'opère à une température de — 5° au moins); qu'on déchire ensuite, sans l'écraser, la masse graisseuse sous un petit filet d'eau, et au-dessus d'un tamis à mailles assez larges, sous lequel on aura eu soin de placer une terrine; à chaque tiraillement du tissu, l'eau qui tombe sur la masse adipeuse, détache des myriades de granules pour ainsi dire amylacés (881), et quelquefois des fragments assez volumineux de tissu cellulaire. Les fragments restent sur le tamis, et les granules passent à travers les mailles, tombent jusqu'au fond de la terrine d'eau, remontent ensuite à la surface du liquide, où ils se rassemblent, sous forme d'une poudre cristalline et blanche comme la neige.

1468. Lorsque cette malaxation est achevée, c'est-à-dire lorsque l'eau ne passe plus laiteuse, il reste entre les mains un tissu réduit à l'aspect et à la consistance de tous les tissus membraneux des animaux. On n'a plus alors qu'à enlever, avec une écumoire, la couche des granules qui se tiennent en suspension à la surface de l'eau de la terrine, et à les laisser égoutter sur un filtre soit en toile soit en papier. On obtient ainsi, à l'état sec, une poudre amylacée, mais plus douce, plus grasse au toucher, et qui ne réfléchit pas la lumière d'une manière aussi cristalline que le fait un dépôt amylacé.

1469. Les granules qui la composent et qui se tenaient en suspension à la surface de l'eau, se précipitent au contraire dans l'alcool froid; et ils ne m'ont pas paru, même après quinze jours de dépôt dans ce menstrue, avoir subi aucune altération appréciable; ils se comportent à peu près dans l'alcool, comme la fécule dans l'eau froide, où elle se conserve intègre presque indéfiniment (916).

§ I. *Caractères physiques des diverses espèces de granules adipeux.*

1470. Observés au microscope, ces granules (pl. 10, fig. 30, 34) affectent des formes et des dimensions variables, non-seulement selon les divers animaux, mais encore dans le même animal, et même selon l'âge des animaux; toutes circonstances que nous avons eu lieu de remarquer à l'égard des grains de fécule (885).

1471. Les granules adipeux du mouton, du veau et du bœuf se présentent au microscope avec des facettes si nombreuses et si bien dessinées, qu'on serait tenté de les prendre pour les cristallisations les plus régulières. Par réfraction (pl. 10, fig. 32, 37), les facettes externes paraissent noirâtres et celles du champ jaunâtres. Par réflexion, au contraire (fig. 30, 35) chacun de ces granules est d'un blanc cristallin; et ils réfléchissent tous la lumière, comme le feraient de beaux cristaux de quartz. Leurs formes et leurs diamètres varient à l'infini, mais entre des limites bien plus rapprochées que chez les grains de fécule (1036).

1472. Les granules de la graisse de porc (fig. 30, 35) s'éloignent des formes et de l'aspect cristallin

(*) *Répertoire d'anatomie*, tom. III et tom. V, 1827 et 1828.

des granules des trois animaux précédents, et se rapprochent, d'une manière frappante, des globules de fécule. Ils sont arrondis, oblongs, turbinés ou réniformes, possédant un *hile* bien plus visible et plus considérable que celui que nous avons déjà remarqué, sur tous les globules qu'on avait crus jusqu'ici isolés. Par réflexion (fig. 30) ils sont blancs comma les autres, et jaunâtres par réfraction (fig. 35), plus colorés en noir sur les borda que ceux-là, et laissant entrevoir, sur leur aurface ou dans leur sein, des globules isolés. Leur diamètre dépasse de beaucoup les plus gros du mouton ou du bœuf. Mais pour les obtenir isolés, il est nécessaire da laissar la masse adipeuse exposée, pendant una heura au moins, à une température da — 5°, de malaxer ensuite le tissu (1467) dans une eau amenée à une température, qui peut s'élever à + 2° ou + 3° environ.

1473. Chez les insectes, les granules adipeux sont en général aussi turbinés que les *glandes polliniques* de l'érable (pl. 10, fig. 12), à cause du *hile* considérable qui les termine à la base.

1474. La graissa humaine, plus fluide que celle du pore, offre plus de difficultés, sous le rapport de l'étude de ses globules. A la température ordinaire, il serait impossible, par la malaxation, d'obtenir autre chose qu'un *magma* désorganisé. Mais en laissant séjourner un morceau de cette espèce de graisse dans l'acide nitrique ou dans la potasse liquide, on ne tarde pas à obtenir un résultat satisfaisant. Ces deux espèces de saponification consolident la partie incluse de chaque grain, et désagrégent ces granules, par le retrait qui résulte de l'action chimiqua. Mais il ne faut pas perdre da vue que l'effet de ces deux réactifs variera, selon la température et les quantités relatives des substances employées, et, d'un autre côté, que l'excès de la chaleur résultant du mélange, ou bien la concentration du réactif, pourrait carboniser la substance graisseuse ou en altérer le tissu cellulaire. C'est par ce doubla procédé, que j'ai reconnu la forme dea granules adipeux pris sur le sein, sur la poitrine, la cuisse, le pubis, le mésentère d'une femme morte en couches à l'âge de 30 ans; ils sont tels qu'on les reconnait par réfraction ou par réflexion (368) aux fig. 37 et 38 de la pl. 10. Les bords, par réfraction, en paraissent un peu frangés, et offrent çà et là quelques traces de l'action corrosive de l'acide nitrique, dans lequel je les ai laissés macérer quatre heures.

1475. En laissant séjourner dans l'eau froide le tissu adipeux, on parvient encore à en observer l'organisation sur quelques fragments. Il est vrai que, dans ce caa, les cellules, au lieu d'être polygonales, en sont arrondies et globuleuses; qu'au lieu d'être fortement ombrées, comme dans l'expérience ci-dessus, elles conservent toute la limpidité de l'huila; et que, par conséquent, on aurait pu m'objecter que je voyais là, non des cellules, mais des gouttelettes d'huile qui se seraient agglomérées en ces endroits, après avoir été exprimées des tissus adipeux. Mais, à l'aide d'une pointe, on s'assure qu'elles sont emprisonnées chacune dans leur vésicule propre, ainsi qu'on peut s'en faire une idée, par la fig. 36, qui appartient à un fragment de graisse prise sur le pli du coude d'un enfant mort à l'âge de huit ans.

1476. Enfin, en laissant dessécher spontanément à l'air un flocon de graisse humaine, on finit par rencontrer des bords qui, observés au microscope, offrent les résultats les plus satisfaisants; car on a alors l'image la plus parfaite du tissu cellulaire des végétaux. La fig. 40 représente, au grossissement de 100 diamètres, le bord d'un flocon de graisse pris sur la femme dont j'ai parlé ci-dessus. On y voit la cellules distendues (*a*) sur les bords du flocon, et les cellules (*b*) affaissées, après avoir été vidées, par suite de leurs solutions de continuité.

1477. Il est impossible de ne pas reconnaître ici l'identité de structure de la graisse humaine, avec celle de la graisse de veau ou de bœuf, observée, avant toute malaxation, sous le microscope (fig. 34). Mais en même tamps on s'aperçoit que les cellules contiguës de celle-ci se désagrégent sous la pression d'une pointe, tandis que celles de la graisse humaine resistent à la pression, ou se vident et s'affaissent en se déchirant; d'où il faut conclure que, dans la graisse humaine, les globules graisseux sont unis par l'adhérence de leurs parois, tandis que le contraire existe dans la graisse de veau ou de mouton. Le réseau de la fig. 34 est donc un effet de la réfraction de l'air, qui s'interpose entre les parois des granules, tandis que le réseau anastomosé de la fig. 40 est l'indice d'une organisation vasculaire (1103).

1478. De même qu'à l'égard de la fécule (1036), j'ai pris soin de mesurer les dimensions extrêmes des divers granules que je viens de décrire; le tableau suivant indique les résultats de ces observations en fractions de millimètre.

(1479) Granules adipeux de

PORC.	BOEUF.	VEAU.	MOUTON.	HOMME.	ENFANT.	HANNETON.
Réniformes et mous.	Polyèdres inscrits dans une sphère, ou oblongs, très-fermes.	*Idem.*	*Idem.*	Polyèdres mous et non susceptibles de s'isoler.	*Idem.*	Turbinés et mous.
$\frac{1}{3}$ sur $\frac{1}{4}$ $\frac{1}{2}$ sur $\frac{1}{8}$	$\frac{1}{6}$ sur $\frac{1}{10}$ $\frac{1}{4}$ sur $\frac{1}{7}$ $\frac{1}{5}$	$\frac{1}{8}$ sur $\frac{1}{10}$ $\frac{1}{7}$ sur $\frac{1}{14}$ $\frac{1}{15}$	$\frac{1}{7}$ sur $\frac{1}{15}$ $\frac{1}{4}$ sur $\frac{1}{7}$ $\frac{1}{10}$ $\frac{1}{7}$	$\frac{1}{25}$ $\frac{1}{14}$ $\frac{1}{7}$	$\frac{1}{50}$ $\frac{1}{30}$ $\frac{1}{20}$	$\frac{1}{20}$

1480. Ce tableau prouve évidemment que les granules de graisse de l'animal jeune, affectent des diamètres inférieurs aux granules de la graisse de l'adulte : par conséquent ces granules ont grandi avec l'animal lui-même, ce que nous avons déjà eu occasion de remarquer à l'égard de la fécule (886) et des cellules végétales (1103).

§ II. *Organisation du granule adipeux.*

1481. Quoique l'analogie indiquât d'avance que chacun de ces granules isolés est une cellule, composée au moins d'un tégument et d'une substance quelconque y incluse, cependant il était nécessaire de le vérifier par l'expérience directe. C'est ce qu'il est facile d'exécuter au microscope, au moyen de l'alcool bouillant et à l'aide de l'appareil déjà décrit (636). Tant que l'alcool n'entre pas en ébullition, le granule graisseux reste stationnaire; mais dès que l'ébullition commence, on voit le granule se distendre, devenir transparent; on distingue alors dans son sein des globules internes; bientôt il se déchire en deux ou trois fragments, qui s'agitent au gré du liquide; mais ne subissent pas la moindre altération, pendant tout le cours de l'expérience. On voit en même temps passer sous ses yeux, avec toute la rapidité de l'ébullition, une foule de débris semblables à celui qu'on observe immobile, et qui ne s'altèrent pas plus que lui.

1482. Si ensuite on remplace la lampe par le miroir réfracteur, et qu'on laisse refroidir le liquide renfermé dans le verre de montre, on pourra se convaincre que le précipité qui s'opère par le refroidissement, se compose uniquement des *téguments insolubles* des granules graisseux, pourvu toutefois que l'alcool soit assez abondant pour dissoudre, à froid, toute la quantité de substance soluble renfermée dans la capacité des téguments.

1483. Quand on fait l'expérience en grand dans un excès d'alcool, le précipité est plus manifeste, quoique l'alcool retienne en suspension une grande quantité de petits débris des *téguments*. Lorsqu'on examine un de ces téguments précipités, on le trouve souvent parsemé, sur toute sa surface, de globules que l'on croirait organisés; mais, à l'aide de l'alcool pur, on s'assure que ce ne sont que des gouttelettes de la substance soluble, que la quantité d'alcool employée n'a pu tenir en solution à froid (fig. 37).

1484. Afin de ne point faire de double emploi, je renvoie l'étude de la substance soluble à la partie de cet ouvrage, où je traiterai des *substances organisatrices*.

1485. Mais il importe de faire remarquer deux choses : la première, c'est l'analogie frappante qui existe entre l'amidon chez les végétaux, et les glandes adipeuses chez les animaux. Comme l'amidon (909), chaque granule graisseux se compose d'un tégument et d'une substance incluse; ces deux substances sont aussi peu azotées que l'amidon; l'amidon et la graisse servent également à la nutrition des organes de développement; partout où il y a excès de vie et d'activité, on voit la graisse se sacrifier et disparaître; partout où il y a repos, on la voit s'entasser dans ses réservoirs; enfin ces granules affectent des dimensions d'autant plus considérables que l'animal est plus âgé. La seconde chose à observer, c'est le parti qu'on peut tirer, dans l'industrie et dans les analyses élémentaires, de ce que nous avons dit sur la malaxation de la graisse de mouton, etc. (1467). Il est certain, en effet, qu'on obtient de cette manière la graisse au plus grand état de pureté possible, et sans l'altérer par la chaleur, avant de la soumettre à l'analyse élémentaire.

Digitized by Google

§ III. *Développement du tissu adipeux.*

1486. L'analogie de structure, entre les granules adipeux et les grains amylacés, permet de soupçonner l'analogie de leur développement vésiculaire (1103). L'anatomie vient à l'appui de cette hypothèse, et lui rend tous les caractères d'une démonstration.

1487. Soit, en effet, un morceau de graisse ferme, telle que celle du mouton, du veau et du bœuf (pl. 10, fig. 39). On peut constater, par le plus simple mécanisme, que cette masse se compose d'une vésicule externe (*aa*), à parois fortes et membraneuses; qu'elle enveloppe des masses assez considérables (*b*), faciles à séparer les unes des autres, et revêtues, chacune à leur tour, d'une membrane vésiculeuse à parois moins fortes que la vésicule externe, et renfermant à leur tour, comme cette dernière, un certain nombre de masses d'un plus petit calibre, lesquelles en renferment d'autres, et ainsi de suite jusqu'aux vésicules (c) qui enveloppent immédiatement les granules adipeux (*d*), et dont les parois sont si minces, qu'à l'œil nu on serait tenté de prendre, pour une seule vésicule, l'agrégat de ces nombreuses petites cellules remplies de granules adipeux. On s'assure encore, dans cette opération, que chacune de ces masses partielles tient, par un point quelconque de sa surface, à la face interne de la vésicule qui la renfermait; en sorte, qu'en suivant cette analogie, on doit admettre que les granules adipeux tiennent, par un *hile*, à la cellule qui les renferme, ainsi que nous avons déjà eu l'occasion de le remarquer à l'égard du grain de fécule. Ce *hile* est invisible sur les granules de graisse ferme du mouton et du veau, parce qu'il a été comprimé comme toutes les facettes du granule adipeux; il est plus visible, au contraire, sur les granules de graisse molle à la température ordinaire, parce qu'alors l'action du liquide contenu, arrondissant la vésicule, fait saillir au dehors le *hile* pédonculé (fig. 35).

1488. Ces diverses vésicules (*a*, *b*,) surtout les plus externes et les plus fortes, offrent à leur surface un réseau vasculaire rougeâtre; mais on reconnaît facilement que ces vaisseaux ont un calibre graduellement d'autant plus fort qu'ils approchent de plus près du point d'adhérence de la vésicule, et que c'est à ce point qu'ils s'abouchent avec l'un des vaisseaux de la vésicule plus grande qui les contient. Cette circonstance complète l'analogie de ce tissu cellulaire animal avec le tissu cellulaire végétal (1103); analogie que nous avons déjà remarquée (1476), à l'occasion de la graisse humaine (pl. 10, fig. 40).

1489. C'est surtout dans le jeune âge des animaux, dans l'âge presque embryonnaire, que la structure du tissu adipeux se montre avec les caractères que lui suppose la théorie. Nous l'avons fait figurer à cette époque (pl. 18, fig. 14 et 17), d'après le petit moineau que la fig. 20, pl. 19, représente sur le point de sortir de sa coque. La graisse à cet âge s'offre sous l'épiderme, avec la forme de jolies grappes de lobules blancs et cotonneux, distants entre eux, disposés comme en longs chapelets, sous une enveloppe générale, dont la transparence se confond avec le fond rosé de la chair musculaire; on les distingue, à travers l'épiderme, sous l'aisselle de l'animal, et ils tapissent le canal intestinal et le mésentère (1474). A l'œil, et même à une loupe de deux pouces de diamètre, chacun de ces lobules joue le rôle des granules graisseux du mouton vus à 100 diamètres; et comme ils n'ont en réalité que $\frac{1}{3}$ millimètre de diamètre, ils se montrent à ce grossissement, avec un diamètre apparent de 2 millimètres, c'est-à-dire 15 fois plus petits que les granules du porc (1472), vus à un grossissement linéaire de 100 fois; car à la vue simple ou si faiblement armée, ces lobules, comme les granules dont nous venons de parler, sont placés aux dernières limites de la vision. Ils adhèrent intimement par un point de leur surface à la paroi interne de la cellule transparente qui les emprisonne; et quand on déchire celle-ci et qu'on veut en détacher les lobules avec la pointe d'une pince, on entraîne la membrane recouvrante, qui suit le lobule, en obéissant pour ainsi dire à une espèce de ligament. La fig. 17, pl. 18, les représente en place, vus par réflexion, et à un simple grossissement linéaire de 8 fois. Mais en reculant les bornes de la vision, on reconnaît que la structure de chacun de ces lobules a perdu la simplicité qu'on lui aurait supposée d'abord. On trouve alors que chacun de ces lobules est composé de lobules plus petits, qui sont emprisonnés dans ses compartiments, exactement comme il l'était lui-même dans les compartiments de la membrane transparente. La fig. 14 les représente grossis 50 fois et vus par réfraction; on croirait avoir ainsi sous les yeux une agrégation de cellules végétales pleines de granules verts (pl. 6, fig. 20), ou de cellules glutineuses féculigères (*ibid.*, fig. 35.)

Lorsque, par la dissection, on arrive aux cellules de dernière formation, on les trouve disten-

dues par de l'huile liquide à la température ordinaire.

§ IV. *Applications.*

1490. Pour extraire la graisse destinée à la fabrication des chandelles, on jette en masse les morceaux de graisse dans le bain-marie, et l'on passe, lorsque tout est en fusion. Mais nous avons vu que chaque grand lobe est tapissé de vaisseaux sanguins, qui doivent altérer d'autant la pureté du produit. Il nous semble que la fabrication trouverait un certain avantage, sous ce rapport, à malaxer la graisse sous l'eau, comme on malaxe la farine, et à extraire les cellules adipeuses comme on extrait l'amidon, pour les fondre ensuite au bain-marie, pures de tout mélange, et réduites à leur plus simple expression. C'est du moins ainsi que l'on doit procéder, lorsqu'on se propose de soumettre la graisse à l'analyse élémentaire (224).

§ V. *Exemples de la bonne foi que professe la critique académique.*

1491. Il est, je crois, assez généralement reconnu que Ducrotay de Blainville, dans le temps où il travaillait, observait fort vite et citait toujours fort mal, ce qui mettait les observateurs consciencieux également en garde, et contre ses observations, et surtout contre ses critiques; or, les disciples trop dévoués ne prennent jamais des maîtres que leurs défauts; aussi l'école officielle de Blainville porte un peu trop loin cette fidélité d'usage envers la manière du maître; nous en trouvons un exemple, qui se rapporte immédiatement au sujet que nous traitons, dans un travail publié par le *journal* qui, grâce aux largesses ministérielles, se publie sous les auspices de Blainville (*Annal. franç. et étrang. d'anatomie*, mars 1827, n° 2). Le rédacteur nous y fait l'honneur de copier presque textuellement l'historique des travaux qui ont eu l'étude des graisses pour objet, lequel se trouve à la suite de notre premier travail publié, il y a plus de dix ans, dans le *Répertoire d'anatomia*, tom. III et V; mais il le copie à la manière des analyses du *Journal da chimie médicala* (1035), c'est-à-dire en ayant l'air de l'avoir trouvé tout seul. Il se rencontre ensuite avec nous, par un hasard plus heureux, sur tous les points principaux de notre mémoire, et se montre enclin à nous pardooner tout ce qu'il trouve que nous avons bien vu. Mais tout à coup son indulgence flatteuse nous abandonne, et malheureusement c'est encore en nous transcrivant, ce qui est une par trop fidèle imitation du genre da talent qui caractérise les rapports académique de Blainville. Voici sur quoi porte le premier grief du critique : « Tous les auteurs, qui ont » admis l'existence de ces vésicules, ont prétendu » que chacune d'elles recevait un pédicule vascu» laire, qui se ramifiait dans ses parois. Ce fait a » été répété, depuis Malpighi, par tous ses succes» seurs, plus tard par Hunter, et dans ces derniers » temps par Béclard et par M. Raspail. » Il semble que quand on assure avec tant de fermeté, on a dû vérifier l'assertion de tête reposée; et pourtant nous sommes forcé d'avouer que jamais Malpighi n'a dit ce que l'auteur lui prête, et qu'ensuite nous, nous avons dit tout le contraire de Malpighi, et, par conséquent, tout le contraire de ce que le critique mal inspiré nous fait dire. Nous transcrivons textuellement le passage de notre premier mémoire, auquel l'auteur fait allusion. « Les vaisseaux (dont parle Malpighi), y disions» nous, ne sont autre chose que les points de » contact des granules graisseux entre eux; et tout » cet appareil eût disparu aux yeux de Malpighi, » s'il avait écarté les uns des autres les granules » adipeux. On peut se faire une idée de ce que » nous avançons par la fig. 6, pl. 11, qui repré» sente les granules adipeux de la graisse de veau » disposés les uns contre les autres, et offrant par » réfraction une espèce de réseau qui ne provient » que de leurs insertices (*). » Dans ce premier mémoire, où l'auteur a puisé ses citations, nous disions donc positivement le contraire de ce qu'il nous fait dire, et nous expliquions, par une illusion d'optique, ce que Malpighi avait bien vu, mais mal interprété. La figure de ce travail, nous l'avons reproduite pl. 7, fig. 5, de la première édition du *Nouveau système de chimie organique*, et pl. 10, fig. 34, de cette deuxième édition

1492. Il est vrai que dans le texte de la première édition, p. 191, § 428, qui est reproduit textuellement dans celle-ci, on trouve la phrase suivante : « Ces diverses vésicules (*a*, *b*), surtout les plus externes et les plus fortes, offrent à leur surface un réseau vasculaire rougeâtre. » Vous le voyez, s'écrierait Blainville dans un rapport académique, l'auteur a réellement émis l'opinion que nous lui avons attribuée! Il paraît que son école a fait la même exclamation, en écrivant son reproche. Mais malheureusement il se trouve que

(*) *Recherches sur les graisses et les tissus adipeux*, pag. 15 du mémoire imprimé dans le *Répertoire d'anatomie*, en 1827.

ces messieurs ont commis, en traduisant du français, le même contre-sens qu'a déjà commis l'Académie en traduisant le latin de Leeuwenhoeck (967, 5°) ; elle a pris, pour la paroi des granules adipeux, les membranes du tissu cellulaire, dont nous avons décrit les emboîtements ; et pourtant nous avions eu soin de marquer les unes et les autres par des lettres ; c'est-à-dire, si on veut bien prendre la peine, dont la critique subventionnée a cru devoir se dispenser, et confronter le texte avec la fig. 39, pl. 10, on trouvera que de son académique gré, la critique a attribué aux organes notés (*d*) ce que nous ne disons que des membranes notées (*a* et *b*) ; et sur celles-ci le réseau vasculaire se voit à l'œil nu.

1493. Ainsi nous n'avons rien dit d'analogue à ce que nous prête la critique ; et nous ne saurions nous expliquer, si nous ignorions le dieu qui l'a inspirée, comment, après avoir copié fidèlement pour son compte, les points principaux du travail, elle s'est tout à coup départie de cette fidélité, quand de guerre lasse, il lui a pris fantaisie de retourner son bout de plume contre nous. Mais la critique subventionnée est comme la poésie : elle réussit mieux dans la fable que dans la vérité ; passons à une autre espèce de ces fables.

1494. Depuis que la théorie vésiculaire s'est glissée des mains du plagiat académique, pour se faire jour en son propre et privé nom, Ducrotay de Blainville a juré au pouvoir de la lui ramener morte ou vive ; car lui seul a découvert le défaut de la cuirasse, et ce défaut se trouve juste au point que nous avons désigné, chez les organes microscopiques, sous le nom de *hile* (1001, 1411, 1441) ; il a mis, à la piste des *hiles*, les élèves qui travaillent sous ses inspirations ; et ici la couronne est à celui qui revient sans en avoir trouvé ; à ceux qui ont la maladresse d'en avoir aperçu sur leur passage, il leur dit : Chut ! n'en parlons pas ; cela ne prouve rien. Or nous avions eu la hardiesse grande de nous fonder sur l'analogie, qui est la prévoyance de la classification : nous avions dit : Il suffit que je rencontre des organes adhérents par un point de leur surface, et emportant avec eux, lorsqu'on les détache, la trace de leur adhérence, le funicule de leur communication, leur *hile* enfin, pour pouvoir prononcer, sans craindre de commettre un sophisme, que le même *hile* existe sur tous les organes analogues, sur lesquels sa petitesse ou un accident peut le rendre invisible à nos moyens d'observation. Ce raisonnement est à la portée du plus jeune et du moins intelligent des élèves ; les botanistes admettent, comme un article de foi, l'existence du *hile* sur les graines d'*Orchis*, d'*Orobanche*, sur lesquels il est impossible de le distinguer. Mais, a dit Pascal, la vérité n'est pas partout la même ; elle varie selon les temps, les hommes et les lieux ; il paraît que ces messieurs ont pris au sérieux cette parole acerbe du grand homme ; et quand il s'agit des graisses, la vérité n'est plus à leurs yeux fille de l'analogie comme lorsqu'il s'agit des graines ; la vérité tient ici à une seule lettre. En conséquence, l'un des protégés a eu pour tâche spéciale, de revoir une à une toutes les observations du travail sur les spongilles et l'alcyonelle ; il l'a tellement trouvé exact, qu'il le copie, mais en citant à chaque pas Blainville, comme c'est d'étiquette. Sur les œufs de la spongille le *hile* est si apparent qu'on ne saurait le nier ; mais l'École ajoute : « Qu'est-ce que cela prouve ? » Passons à l'œuf de l'alcyonelle. Ici je n'en ai pas aperçu, dit le jeune homme. Mais il est vrai que l'auteur ne l'y a aperçu qu'une fois. — « Bien, s'écrierait Blainville ; vous le voyez, le *hile* n'existe nullement, *ni*, *hilum*, pas même de l'épaisseur d'un hile, auraient dit les anciens ; il n'existe pas sur celui-ci, donc il n'existe pas sur l'autre, où on le distingue clairement. » — Un autre a été mis à la recherche des taches du travail de la graisse ; il en a trouvé deux ; nous venons d'effacer l'une ci-dessus ; la seconde est relative à ce *hile*, qui empêche de dormir le maître ; récompense honorable à celui qui rapportera une tête seulement de *hile*. Or nous avons dit que les granules de graisse isolés, sur lesquels le *hile* se voit le mieux, sont les granules de la graisse de porc et ceux d'insectes ? La récompense honorable ne saurait être adjugée à ceux-là, puisqu'on les voit bien munis d'un *hile*. Mais nous avons fait observer que sur les granules de graisse, qu'on obtient fermes et amylacés, le *hile* ne se montre pas plus que sur les grains d'Orobanche, et cela par la même raison, parce qu'il a cassé. C'est sur ceux-là que la subvention se rabat, et elle chante triomphe en assurant qu'elle n'a pas été plus heureuse que nous. On comprend ce que coûtent ces sortes de travaux, où l'auteur critiqué fournit seul les faits à la critique, qui les reconnaît tous vrais, et n'a pas ainsi besoin de les vérifier par elle-même ; voici la recette de ce procédé : voulez-vous faire une critique ? prenez le travail d'un auteur ; encadrez certains alinéa à l'encre noire et certains autres à l'encre rouge ; à l'encre noire tous ceux où l'auteur dit positivement : J'ai vu, et à l'encre rouge tous ceux où il dit : Je n'ai pas vu. Copiez les premiers et les seconds pour votre propre

compte, et en ne changeant les premières personnes qu'aux seconds; partout où je trouve *je* dans ceux-ci, mettez à la place l'*auteur;* il faudra être l'auteur lui-même, pour reconnaître le stratagème, et vous aurez, dans cette malice, matière à un article officiel ou à un rapport académique. C'est ainsi, et fidèle à l'ordre, qu'a procédé l'auteur de l'article, auquel vraiment nous ferions trop d'honneur, si notre réponse ne s'adressait qu'à un mauvais article et non à un mauvais principe.

1495. Nous terminerons par une plaisanterie; car nous ne sommes pas les seuls à nous en permettre; Minerve prend quelquefois la marotte. « L'auteur, continue l'article du journal (*) (cet auteur c'est nous), ajoute que le *hile* est *plus visible* sur les granules de graisse molle; mais qu'est-ce qu'un fait qui est plus visible qu'un fait invisible? C'est peut-être quelque chose de plus que rien, mais à coup sûr, ce n'est pas assez pour des hommes sérieux. » Ce qui nous rassure, c'est qu'en écrivant cette phrase, le critique ne l'était pas; car, quoique nous ayons assez bonne mémoire, nous avons pourtant pris la peine de relire, phrase par phrase, tout ce que nous avons imprimé et réimprimé depuis dix ans sur les graisses, et l'on sait que nous n'avons pas le talent des Dutrochet et des Bisinville, celui de changer nos opinions tous les ans et nos idées tous les quarts d'heure; eh bien! nous n'avons rien trouvé qui se rapporte à la plaisanterie française et étrangère, que nous venons de copier textuellement, mais non pas pour notre propre compte; l'auteur se la serait épargnée, s'il avait cité la nôtre, avec la même ponctualité. Pour réfuter une critique de ce genre d'atticisme, il suffit d'opposer le texte incriminé; voici nos phrases textuelles : « Ils (*les granules de graisse de porc*) sont arrondis, sans être sphériques, oblongs et réniformes, et possédant un *hile* BIEN PLUS VISIBLE et bien plus considérable, que celui que j'ai découvert sur tous les globules végétaux qu'on avait crus jusqu'à ce jour isolés. » (*Recherches physiolog. sur les graisses*, page 4, imprimées dans le *Répertoire général d'anatomie*, 1827). — « Ils (*les mêmes granules*) sont arrondis, oblongs, turbinés ou réniformes, possédant un *hile* BIEN PLUS VISIBLE et plus considérable que celui que nous avons remarqué, sur tous les globules qu'on avait crus jusqu'ici isolés. » (*Nouv. syst. de chimie organique*, première édit. 1833, pag. 185); cette phrase se trouve reproduite textuellement dans cette nouvelle édition; et il est évident que par ces derniers globules, nous avons voulu désigner les granules d'amidon (1001), ceux de pollen (1411), ceux de lupuline (1441), etc. Ces citations nous dispensent de nous occuper plus longuement de la critique; nous lui avons fait déjà trop d'honneur; nous l'avons exhumée; mais il faut être bon même envers ses ennemis; nous prions le lecteur d'être aussi bon que nous, et de nous pardonner ce paragraphe.

(*) *Annales françaises et étrangères d'anatomie*, numéro 2, pag 134.

(**) *Mémoire sur les tissus organiques*, § 48, tom. III des *Mémoires de la Société d'histoire naturelle de Paris*, 1827. — *Annales des sciences d'observation*, tom. III, pag 302, 1830. — *Essai de chimie microscopique*, pag. 118, 1830.

DEUXIÈME GENRE.

ALBUMINE ANIMALE (1272).

1496. L'*albumine animale* est une substance coagulable par la chaleur (70° environ), par l'alcool, l'acide sulfurique concentré, la potasse concentrée, le tannin, et blanche comme le lait sous cette forme; soluble au moins en partie dans l'eau froide, dans l'ammoniaque et la potasse ou la soude très-étendue, les acides acétique, phosphorique, hydrochlorique. Le blanc d'œuf est le type de cette substance, et c'est sur cet *albumen* que je vais en étudier les caractères (**)

§1. *Organisation du blanc de l'œuf* (albumen). — *Substances soluble et insoluble.*

1497. Placez au porte-objet du microscope, une couche de blanc d'œuf, avec assez de précaution pour que vous soyez en droit de penser que, dans le cas où cette substance serait un tissu, les mouvements de l'opération n'en auraient pas altéré l'organisation; l'observation directe et le raisonnement se réuniront pour vous convaincre que cette albumine n'est nullement une substance homogène.

1498. Car, en faisant mouvoir de droite à gauche le miroir réflecteur, on voit, par l'effet du jeu de la lumière, des réseaux nuageux s'entrecroiser. Or cet effet d'optique n'aurait pas lieu, si l'albumine ne se composait au moins de deux substances hétérogènes; il est évident, en effet,

qu'un liquide homogène ne réfracterait pas la lumière de deux manières différentes.

1499. Lorsque la couche albumineuse est restée quelque temps appliquée contre le porte-objet, et surtout à l'époque à laquelle la dessiccation commence, on voit ce tissu transparent offrir peu à peu de grandes bosselures et comme des espèces de grands globules, plus ou moins agglutinés entre eux, ainsi que des plis anastomosés comme des vaisseaux (pl. 7, fig. 14). Or cette circonstance n'a pas lieu à l'égard d'un liquide homogène qui se dessèche spontanément, par exemple, à l'égard de la gomme arabique purifiée à travers plusieurs filtres; les molécules d'un liquide, en effet, tendent à rester toujours de niveau.

1500. D'un autre côté, ces deux substances hétérogènes ne peuvent être supposées exister sans ordre et d'une manière confuse dans l'albumine, puisque l'effet de la lumière, produit par le mouvement du miroir réflecteur, a lieu, avec la même intensité, sur tous les points de la surface observée. A l'œil nu de même, une masse d'albumine de l'œuf, pourvu qu'elle ne soit pas altérée, offre, par réflexion comme par réfraction, la même homogénéité de structure et la même diaphanéité dans toute sa substance; ce qui achève de prouver que les deux substances hétérogènes, que l'observation microscopique permet d'abord d'y supposer, s'y trouvent dans un arrangement régulier et non associées pêle-mêle et sans ordre, et qu'elles jouissent d'un pouvoir réfringent très-voisin l'un de l'autre; car autrement, au lieu de paraître diaphane, l'albumine aurait l'aspect laiteux et opaque des liquides, qui tiennent en suspension des substances de nature diverse (27).

1501. L'analogie doit porter à penser que ces deux substances se trouvent, dans l'albumine, l'une à l'état de tissu, et par conséquent insoluble, et l'autre à l'état de liquide renfermé dans les cellules du tissu. Pour vérifier cette donnée, il suffit d'agiter, dans l'eau distillée, de l'albumine fraîche de l'œuf de poule. L'agitation rend l'eau laiteuse, et l'on y voit flotter, même à l'œil nu, une quantité assez considérable de larges fragments de tissus blancs et membraneux. Jetée sur un filtre, l'eau passe limpide et incolore, et il reste, sur le filtre, une masse blanche, élastique, qui se tire en filaments comme le gluten, qui refuse de se dissoudre dans l'eau. Cette masse n'est que la somme de tous les fragments, qu'on avait vus suspendus dans le liquide avant la filtration. Le liquide filtré, évaporé spontanément sur une lame de verre, offre au microscope la même homogénéité, la même couleur légèrement jaunâtre, les mêmes ondulations et les mêmes cassures qu'une couche desséchée de gomme arabique (pl. 7, fig. 15); exposé à l'action de la chaleur, il devient laiteux et se coagule; abandonné au contact de l'air, il se corrompt et se remplit d'infusoires du genre *monada*; il présente du reste tous les autres caractères que nous avons assignés plus haut au liquide albumineux.

1502. En conséquence, l'albumine de l'œuf de poule se compose d'un tissu insoluble, organisé régulièrement, qui renferme dans ses cellules une substance soluble beaucoup plus altérable que le tissu.

Les chimistes avaient déjà reconnu l'existence d'une albumine soluble et d'une autre insoluble dans l'eau; mais ils n'avaient pas encore remarqué que ces deux sortes d'albumine existaient simultanément dans le blanc d'œuf, et ils avaient rangé cet *albumen* dans la classe de l'albumine insoluble (1275).

1503. Nous rappellerons encore ici qu'un tissu cellulaire peut dérober à l'œil de l'observateur, le réseau de ses cellules polyèdres, sans cesser d'être organisé. Certaines substances solubles, à un certain état de condensation, se rapprochent tellement par leur nature chimique, et, par conséquent, par leur pouvoir réfringent, des parois des cellules qui les renferment, que, toutes les fois qu'il n'existe aucun vide, soit entre leurs parois, soit dans leur sein, la lumière les traverse toutes les deux de la même manière, et elles se confondent ainsi à nos yeux (577). Si, au contraire, autour des parois extérieures de chaque cellule, il existe une solution de continuité, un canal vasculaire, et qui soit ou rempli ou tapissé d'une substance différente de la substance soluble, dès ce moment ce canal dévie les rayons lumineux et dessine les contours de la cellule (pl. 7, fig. 10) (*).

1504. Mais la substance insoluble de l'albumine de l'œuf ne le devient que graduellement; et il est une époque où elle se distingue à peine, sous ce rapport, de la substance soluble; c'est ce qu'on observe sur les œufs frais, c'est-à-dire sur

(*) L'albumine se composant d'un tissu insoluble et d'une substance soluble dans l'eau, mais dont le pouvoir réfringent ne diffère pas de la première, il est évident qu'elle doit conserver sa transparence, sa diaphanéité, jusqu'à ce qu'on l'agite dans l'eau. Car alors l'eau, étendant la substance soluble, lui communique un pouvoir réfringent différent de celui du tissu. Le liquide paraît alors laiteux, parce qu'il renferme deux substances qui dévient inégalement les rayons lumineux.

les œufs récemment pondus. Donc, ainsi que nous l'avons déjà fait observer à l'égard des tissus végétaux (856), les tissus se forment par le rapprochement des molécules de la substance soluble, ou en d'autres termes, la substance soluble se solidifie en parois de cellules.

1505. L'étude physiologique de l'incubation de l'œuf fournit la preuve incontestable de ce que nous venons d'établir dans les paragraphes précédents, sur l'organisation cellulaire de l'albumine ou blanc d'œuf. Chacun sait que l'albumine de l'œuf fraîchement pondu par la poule est liquide comme du petit lait ; de jour en jour, il prend une consistance de plus en plus ferme, et se coagule plus vite par la chaleur. Que si on en fait couver un certain nombre, pour étudier jour par jour les progrès de l'incubation, on ne tarde pas à voir des cellules se dessiner plus distinctes, et un réseau vasculaire se distribuer du centre de l'œuf à la circonférence. Peu à peu, les grandes cellules se vident, sacrifiant à la nutrition et au développement de l'embryon, la substance liquide qu'elles avaient primitivement, et dans ce but, élaborées. Lorsque le poulet est sur le point de sortir de la coquille, on trouve l'albumine tapissant la paroi, comme un réseau de cellules médullaires épuisées, entres lesquelles serpentent et se ramifient des veines et des artères qui partent du cordon ombilical ; à cette époque, le tissu cellulaire de l'albumine en est réduit, comme la moelle des végétaux, à la simplicité de ses parois. Nous avons représenté ce juli résultat fig. 20, pl. 19, sur un œuf de petit moineau grossi trois fois. L'albumine joue donc ici le rôle du périsperme de la graine végétale, et toutes ces circonstances établissent une analogie complète entre le gluten chez les végétaux (1324), et l'albumine chez les animaux.

§ II. *Origine de l'azote que l'analyse élémentaire signale dans l'albumine.*

1506. Ce que nous avons établi à l'égard du gluten, sous ce rapport, s'applique exactement au tissu albumineux, et nous allons invoquer, en faveur de cette proposition, des preuves nouvelles.

1507. La substance soluble de l'albumine, abandonnée à elle-même, se putréfie bien plus vite que le tisso insoluble, pourvu qu'il ait été bien lavé à l'eau. Soumis à l'action d'une chaleur désorganisatrice, il répand des vapeurs ammoniacales en abondance, tandis que l'autre en donne à peine des traces. Or il doit déjà paraître plus que probable que l'ammoniaque, ou, si l'on veut, l'azote qui existe dans l'albumine, est étranger à son organisation, puisque, ramenée à une certaine forme et coagulée, soit spontanément, soit artificiellement, celle-ci peut s'en dépouiller par les lavages. Cette probabilité se rapprocherait de l'évidence, s'il était possible de constater, dans l'albumine fraîche même, la présence des sels ammoniacaux. Or rien n'est plus facile que d'obtenir ce résultat. En effet, si on laisse évaporer, sur le porte-objet du microscope, une goutte d'albumine filtrée et étendue d'eau pure, il ne tarde pas à s'y former une quantité assez considérable de ramifications (pl. 8, fig. 12, *dd'*), que nous démontrerons être de l'hydrochlorate d'ammoniaque, dans la deuxième classe de ce système. L'existence d'un sel ammoniacal une fois constatée dans l'albumine liquide, il est permis d'en supposer d'autres à même base dans cette substance (*).

1508. Mais alors que doit devenir l'ammoniaque dans l'analyse élémentaire ?

Nous l'avons déjà suffisamment expliqué en traitant cette question *ex professo*, et d'une manière générale § 837 ; nous y renvoyons nos lecteurs, ainsi qu'au § 845, où se trouve l'analyse élémentaire de l'albumine, interprétée d'après cette théorie.

1509. L'albumine animale étant un tissu organisé et d'approvisionnement, doit contenir au moins un aussi grand nombre de substances hétérogènes que le gluten lui-même : de l'huile, des sels organiques et inorganiques. La chimie analytique ne s'était pas même donné la peine de soupçonner ces choses ; et elle avait procédé, avec la même assurance, que dans l'analyse des substances immédiates obtenues à l'état d'isolement parfait. On avait seulement présumé qu'elle renfermait un peu de soufre, vu qu'elle noircissait les vases d'argent ; mais on n'avait pas poussé plus loin les recherches, parce qu'ici, comme ailleurs, on négligeait entièrement de faire la part des cendres. D'où il suit que les nombres fournis par les diverses analyses, ne sauraient représenter, en aucune manière, la na-

(*) Il n'était jamais venu à l'esprit des chimistes que l'albumine renfermât de sels à base d'ammoniaque, même alors qu'elle s'altère. Aussi Thenard avait-il été tenté d'attribuer l'alcalinité de l'albumine, qui s'altère, à la présence du carbonate de soude, dont cette substance, disait-il, renferme *une petite quantité*, qui se dégage par la décomposition de l'albumine. (*Traité de chimie*, 1824, tom. IV, pag. 360.)

ture, et qu'ils varieront du reste, selon qu'on soumettra à l'analyse l'albumen d'un œuf plus jeune ou plus âgé, ou l'albumine tenue en suspension ou en dissolution dans un liquide; pour nous, nous n'attachons pas, aux nombres classiques, plus d'importance qu'on n'en attache à des données approximatives; et nous sommes convaincu qu'en ce point, toutes les fois que deux auteurs s'accordent en tout ou se rapprochent, c'est que l'un a voulu flatter l'autre, et a donné à ses chiffres le *coup de pouce* bienveillant, pour me servir d'une expression de laboratoire. C'est avec ces réserves que nous transcrivons ici les analyses de l'albumine publiées par trois auteurs différents.

	Carbone.	Oxyg.	Hydrog.	Azote.
Gay-Lussac (228) (albumine de l'œuf)	52,883	23,872	7,540	15,705
Michaelis (du sang artériel)	53,009	24,436	6,993	15,562
id. (du sang veineux)	52,552	24,484	7,639	15,595
Prout (243) (du sang veineux)	49,750	26,925	7,775	15,550
Moyenne en nombres ronds (257)	53	25	7	15

§ III. *Action de la chaleur sur l'albumine.*

1510. Si l'on soumet la masse albumineuse de l'œuf à l'action de la chaleur, elle devient d'abord blanche et opaque, puis ensuite dure, cassante et diaphane; car le retrait qu'éprouvent les deux substances, par la dessiccation, s'étant opéré d'une manière uniforme, elles finissent par conserver l'identité de leur pouvoir réfringent.

1511. Si l'on soumet à l'action de la chaleur la substance soluble, délayée dans une faible quantité d'eau, l'eau perd sa limpidité; il s'y forme des *coagulum*, analogues aux lambeaux du tissu insoluble. Mais si l'eau est en grand excès, par rapport à la substance soluble, la coagulation ne s'opère qu'après l'évaporation d'une partie de l'eau.

1512. Une fois coagulée par l'action de la chaleur, la substance, auparavant soluble, refuse de se redissoudre dans l'eau; elle est devenue tissu insoluble.

1513. Il n'en est pas de même, si on l'a amenée à l'état d'une complète dessiccation par le vide; l'albumine n'en conserve pas moins sa solubilité, de même que, lorsqu'elle s'est desséchée spontanément sur une lame de verre (1501). L'effet du vide ne diffère de la dessiccation spontanée, qu'en permettant d'opérer sur une plus grande masse, sans exposer la substance à se putréfier.

1514. Fourcroy avait attribué la coagulation de l'albumine par la chaleur à un effet de l'oxygénation; mais on a fait observer que l'albumine se coagule tout aussi bien dans le vide qu'à l'air, dans l'eau purgée d'air que dans l'eau ordinaire. Mais Fourcroy et les chimistes qui l'ont réfuté n'ont tenu compte que de l'action de l'air extérieur, et ils ne se sont nullement occupés de l'air renfermé dans le réseau vasculaire de l'albumine, lequel peut jouer un très-grand rôle même dans le vide, lorsqu'on soumet l'albumine à l'action de la chaleur. En ayant recours et à la manière dont nous avons compris la structure et la destination de l'albumine, et aux phénomènes physiologiques de l'accroissement des tissus, il nous sera possible de placer quelques jalons, pour arriver un jour à découvrir la cause immédiate de la coagulation de l'albumine. 1° L'albumine est un tissu élaborant et composé de cellules imperforées, autour desquelles se distribue un réseau d'interstices, qui portent çà et là les éléments organisateurs. Dans ce tissu, en apparence si homogène, chaque chose occupe un compartiment séparé; et à l'état de repos et de sommeil rien ne saurait se mêler, se combiner par double décomposition, car rien n'est en contact. 2° Nous avons vu que les tissus organiques se développent en se solidifiant, et se solidifient en s'ossifiant, en s'assimilant des bases terreuses; si cette solidification avait lieu subitement, elle prendrait le nom de coagulation. 3° Supposons maintenant un tissu mou ou élastique, résultant de la combinaison de la molécule organique avec l'ammoniaque (856), et renfermé dans des cellules autour desquelles circule, par le réseau vasculaire, un liquide riche en sels terreux, en carbonate de chaux par exemple. S'il arrivait, par une cause quelconque, que le liquide de la circulation vînt rencontrer le liquide inclus dans les cellules, il y aurait double décomposition au premier contact; le tissu, échangeant son ammoniaque contre la base terreuse, se solidifierait et se coagulerait. Supposons, par exemple, que l'ammoniaque existe, à l'état de phosphate qui est soluble, et que le sel calcaire de la circulation soit un acétate qui est soluble également; au contact du liquide inclus et du liquide circulant, il se produirait un phosphate de chaux insoluble, qui ossifierait et coagulerait le tissu. Or la chaleur de l'incubation, en imprimant un mouvement régulier à la circulation, produit lentement et gra-

duellement ce phénomène; une chaleur violente, celle de l'ébullition, le produit subitement et d'une manière plus intense, parce que la dilatation des parois cellulaires donne alors accès à une plus grande absorption de substance, et à une double décomposition sur une plus vaste échelle.

1515. Le vide produit un effet contraire, en dépouillant, et l'intérieur des cellules, et l'intérieur du réseau circulatoire, des molécules aqueuses, sans lesquelles il ne saurait s'opérer la moindre combinaison; car rien ne se combine à sec.

1516. En même temps il est nécessaire de déduire que toute réaction capable de produire de la chaleur coagulera l'albumine, quand même elle serait le résultat de l'emploi d'un réactif, qui, par lui-même, peut dissoudre cette substance animale.

1417. L'*alcool* coagule en blanc l'albumine, et la rend insoluble dans l'eau. L'alcool opère ici, en soustrayant les molécules d'eau de la substance albumineuse.

§ IV. *Action des bases sur l'albumine.*

1518. Les *dissolutions alcalines*, même les carbonates alcalins, dissolvent l'albumine, et s'opposent encore à sa coagulation par le feu; mais, comme la potasse et la soude produisent beaucoup de chaleur, en se saturant des parties aqueuses, elles coagulent l'albumine, si l'on n'a pas la précaution d'étendre préalablement ces réactifs d'eau et d'attendre le refroidissement complet du mélange.

§ V. *Action des acides sur l'albumine.*

1519. L'*acide sulfurique* coagule en blanc et précipite l'albumine. S'il est en excès, il finit par la noircir. Mais si l'on a eu soin de dissoudre préalablement dans l'acide une certaine quantité de sucre, l'albumine se colore en purpurin d'autant plus intense que les quantités de sucre et d'acide employées sont plus grandes. Cette coloration disparaît à mesure que l'acide s'étend d'eau, et par conséquent lorsqu'on abandonne le mélange à l'humidité de l'air. Nous verrons, à l'article du sucre, de quelle importance est ce réactif dans les analyses microscopiques.

1520. Mais si l'on soumet à la même épreuve l'albumine à un certain état de décomposition, c'est-à-dire quelques jours après son exposition à l'air, alors l'acide sulfurique la coagule en superbe jaune d'or. J'ai voulu reconnaître la cause de ce phénomène, et voici les résultats auxquels je suis parvenu (*).

1521. Je mélangeai, avec du sel marin très-pur, de l'albumine fraîche de l'œuf de poule; et l'acide sulfurique concentré, versé sur le mélange, me donna un *coagulum* tout aussi jaune que dans le cas précédent; il sembla m'offrir la même odeur, laquelle se rapportait, au moins pour mon odorat, à celle du chlore.

1522. Si l'on verse de l'acide sulfurique concentré, sur le *coagulum* blanc albumineux, produit par l'acide hydrochlorique, le *coagulum* devient d'un jaune d'or.

1523. Si l'on mêle d'abord ensemble l'acide hydrochlorique et l'acide sulfurique également concentrés, il se produit une effervescence qui fait jaillir au dehors une petite pluie acide; après cette première effervescence il se manifeste un dégagement de bulles qui partent du fond du vase; mais le liquide reste incolore. Mais dès qu'on verse ce mélange sur l'albumine fraîche, elle se coagule en jaune d'or. Si l'on place doucement la couche d'albumine à la surface du mélange incolore des deux acides, l'albumine se coagule en jaune, par tous les points qui touchent la surface des acides, et en blanc par tous les points qui sont en dehors.

1524. L'acide nitrique, versé sur un triple mélange d'acide hydrochlorique, de sel marin et d'albumine, ne change la couleur blanche du *coagulum* en jaune, que vingt-quatre heures après.

1525. Si l'on fait passer un courant de *chlore* à travers l'albumine, l'albumine se coagule en blanc à la surface, mais conserve sa couleur habituelle dans l'intérieur. Sa substance ne rougit point le tournesol. Mais dès qu'on y verse de l'acide sulfurique concentré, ce mélange se coagule en jaune d'or.

1526. Un papier tournesol mouillé placé au-dessus du mélange jaune d'acide sulfurique, de sel marin et d'albumine, rougit à la longue, mais bien plus tard qu'au-dessus d'un mélange d'acide sulfurique et de sel marin.

1527. La première conséquence à tirer de ces expériences est que, par l'effet de la décomposition putride (1253), le sel marin que contient l'albumine de l'œuf de poule a été mis en liberté. La seconde est que l'albumine joue ici un rôle analogue à celui du *manganèse*, dans l'extraction du *chlore* du sel marin par l'acide sulfurique; c'est-à-dire que, soit par l'effet des sels qu'elle ren-

(*) *Annal. des sciences d'observat.*, tom. II, pag. 267, 1829.

ferme, soit par celui de son organisation, elle empêche le chlore de s'hydrogéner, ou elle décompose l'acide hydrochlorique, à l'instant où il se dégage; en sorte que de ce triple mélange (*albumine*, *sel marin* et *acide sulfurique*) il ne se dégagerait de l'acide hydrochlorique qu'alors que celui-ci aurait échappé au contact de l'albumine, de même que dans le triple mélange de *manganèse*, *sel marin* et *acide sulfurique*.

1528. Les *acides acétique* et *phosphorique* ne précipitent pas l'albumine; mais ce dernier la précipite, lorsqu'on s'en sert immédiatement, après qu'il a été desséché par la chaleur rouge; il perd encore cette propriété, lorsqu'il est resté quelque temps dissous dans l'eau.

1529. Ce phénomène singulier ne proviendrait-il pas de ce que l'acide phosphorique, après avoir été soumis à l'action de la chaleur rouge, et après avoir été ainsi dépouillé entièrement de son eau de cristallisation, aurait moins d'affinité pour l'eau qu'auparavant, refuserait plus longtemps de s'y dissoudre, que l'eau alors en contiendrait une grande quantité en suspension presque invisible, et que ces cristaux tenus en suspension, s'attachant aux molécules d'albumine qu'ils y rencontreraient les coagulerait, en leur enlevant les molécules aqueuses de leur tissu organique?

1530. Le *tannin*, surtout sa dissolution alcoolique (1517), précipite l'albumine et la rend insoluble et poisseuse, comme du cuir trop tanné.

1531. L'*iode* et le *brome* coagulent aussi l'albumine, et troublent le liquide qui la contient. Il en est de même de tous les acides forts et concentrés. L'*iode* jaunit d'abord le coagulum, mais cette couleur disparaît par un plus long contact; il se transforme en acide iodique et hydriodique aux dépens de l'albumine.

1532. L'*acide nitrique* la coagule en jaune.

1533. Le *chlore* la coagule en blanc de neige.

1534. Mais l'*acide hydrochlorique* nous offre une réaction aussi intéressante au moins que celle du *sucre sulfurique* (1525). Si l'on verse de l'acide hydrochlorique concentré sur l'albumine fraîche de l'œuf de poule, la chaleur produite par ce mélange est si forte que l'albumine se coagule en beau blanc; mais bientôt, si l'acide est en excès, il dissout peu à peu l'albumine, et le liquide devient d'abord purpurin, puis violet, puis d'un superbe bleu.

1535. Parmi toutes les réactions des acides sur l'albumine, il en est une extrêmement importante, par les circonstances illusoires, qu'elle peut prêter aux analyses en grand des substances organiques; non-seulement certains acides, tels que l'acide acétique, dissolvent l'albumine, mais encore ILS LA RENDENT SOLUBLE DANS L'ALCOOL (1272) ET DANS L'EAU BOUILLANTE (1276), EN DES PROPORTIONS FORTEMENT APPRÉCIABLES (*).

§ VI. *Action du courant voltaïque sur l'albumine.*

1536. Brandes a observé qu'exposée au courant voltaïque l'albumine se coagule à l'extrémité du fil positif. Il s'en coagule aussi une petite quantité au fil négatif, et si l'on prolongeait assez longtemps l'espérience, il paraît probable que cette substance se coagulerait à une égale distance des deux fils.

1537. Mais on aurait tort d'attribuer ce phénomène à une action occulte du courant voltaïque. Il existe, en effet, dans cette expérience deux causes suffisantes de coagulation: 1° la décomposition des sels que renferme l'albumine, la décomposition de l'eau et par conséquent l'oxygénation de tout ce qui entoure le fil positif où se rend l'oxygène; 2° le développement de chaleur que l'on remarque, lorsqu'on soumet des corps organisés et cellulaires à l'action de la pile, et dont une grande portion peut provenir des décompositions chimiques, et des nouvelles réactions des substances inorganiques contenues dans les tissus organisés.

§ VII. *Identité de la fibrine et de l'albumine insoluble.*

1538. La chimie ancienne, fidèle aux principes qui lui servaient de base, s'obstinait à vouloir trouver des différences entre deux substances identiques, mais obtenues de deux organes différents. La fibrine, obtenue du sang par le fouettement, avait beau se comporter avec les réactifs, de la même manière que l'albumine obtenue par la coagulation du blanc d'œuf, cela ne satisfaisait pas l'esprit de l'expérimentateur; aussi trouva-t-on que l'albumine se dissolvait moins facilement dans l'acide acétique et dans l'ammoniaque, et plus facilement dans la potasse et dans la soude; qu'elle n'agissait pas sur l'eau oxygénée faible, tandis que la fibrine en dégage de l'oxygène.

(*) Il ne faut pas perdre de vue non plus que l'albumine étant un tissu organisé, elle est loin de posséder des propriétés identiques dans toute sa substance, car les tissus sont d'autant plus cohérents qu'ils sont plus âgés (857). Aussi aura-t-on l'occasion de remarquer que l'acide acétique et l'ammoniaque ne dissolvent jamais toute la substance albumineuse.

1539. Or on ne faisait pas alors la remarque, que l'albumine et la fibrine sont loin d'être des substances pures, qu'elles renferment dans leur tissu, non-seulement les sels qui leur sont propres, mais encore les sels qu'elles peuvent emprisonner, pendant la manipulation; que par conséquent ces sels et autres substances organiques variant selon la nature des organs d'où on extrait l'albumine, il était raisonnable d'attribuer, à la différence de ces substances étrangères, les deux différences, si légères du reste, que l'albumine et la fibrine, identiques sous tous les autres rapports, sont susceptibles d'offrir.

1540. On n'avait pas cru avoir besoin de remarquer encore que les caractères accessoires de l'albumine varient avec la durée de son exposition à l'air, et sous l'influence de bien des circonstances; qu'en conséquence, à un certain âge, l'albumine se dissoudra plus facilement et plus complètement dans l'acide acétique et dans l'ammoniaque qu'à un autre; et j'oserais même avancer qu'à un certain âge elle dégagera de l'oxygène de l'eau oxygénée, tout comme le fait la fibrine.

1541. Ces réflexions doivent s'appliquer, dans toute leur étendue, aux résultats que fournit l'analyse élémentaire; et à mes yeux il n'y aura rien d'étonnant que la fibrine, qui emprisonne, dans ses mailles factices (1270), tous les sels et les substances ammoniacales du sang, donne, par exemple, plus d'azote, à l'analyse élémentaire, que l'albumine de l'œuf, qui ne retient que les sels qui lui sont propres.

1542. Les différences que les chimistes de nos jours ont cru remarquer entre la fibrine et l'albumine, ils les ont constatées, non point en expérimentant comparativement sur la fibrine et l'albumine par leurs propres yeux, mais en réunissant dans deux chapitres séparés ce qu'un auteur a dit de la fibrine, et ce qu'un autre a dit de l'albumine; et ils ont pris des différences dans la construction grammaticale des descriptions, pour des différences dans la nature chimique des deux substances. Laissez de côté cette méthode qui peut servir très-bien les intérêts de la compilation, mais qui est tout à fait contraire aux intérêts de la science; et pour mieux faire justice du luxe des descriptions, ayez soin de placer comparativement sous vos yeux la fibrine obtenue de la flagellation du sang, et la substance insoluble obtenue de la filtration de l'albumine de l'œuf de poule (1301); et il n'est pas de chimiste, si exercé qu'il puisse être sur ces sortes de matières, qui ne se méprenne et ne confonde l'une avec l'autre, à l'aspect, aux caractères physiques et aux réactions. Ce serait perdre des pages qui nous sont précieuses à réfuter plus longuement, alinéa par alinéa, les caractères que Thénard et Berzélius assignent dans deux chapitres distincts à la fibrine et à l'albumine; nous conseillons à leurs lecteurs de prendre indistinctement un chapitre pour l'autre, ou mieux encore de coller les deux feuillets à la fois, en conservant l'un ou l'autre titre.

1543. Nous avons déjà donné (846) l'analyse élémentaire de la fibrine du sang, et nous en avons discuté les nombres d'après la nouvelle théorie.

Nous reviendrons sur cette substance à l'article du sang.

§ VIII. *Usages de l'albumine.*

1544. Clairçage. — On se sert principalement de l'albumine comme moyen de clarification, à cause de la propriété qu'elle a de se coaguler, sous l'influence de la chaleur ou par la réaction de certaines substances, d'entraîner avec elle, en se précipitant, les impuretés du liquide, ou de les retenir sur le filtre. Ainsi la clarification se fait à froid, quand le liquide à clarifier renferme quelqu'une de ces dernières substances; tel est le vin à cause de son acide tartrique, de son alcool, de son tannin et même des faibles quantités d'acide malique qu'il peut renfermer. Quatre œufs frais fouettés avec autant d'eau et ensuite avec un peu de vin, suffisent pour clarifier un tonneau de deux cent quarante pintes. On verse l'albumine dans le tonneau par la bonde, que l'on rebouche; on agite le tonneau, pour que l'albumine soit mise en contact avec toutes les portions du liquide, et qu'elle emprisonne les impuretés, partout où une molécule d'acide tartrique vient coaguler sa substance. On laisse déposer le magma, et quand tout est rendu dans la partie inférieure du liquide, on plante la cannelle un peu au-dessus du bord inférieur du tonneau, et l'on soutire. La poudre à clarifier les vins n'est qu'un mélange de noir animal et d'albumine. On clarifie les sirops de sucre et de gomme à chaud, parce que ces deux substances sont incapables de coaguler l'albumine par elles-mêmes.

1545. Divers usages. — On se sert encore de l'albumine, pour luter les vases des laboratoires, en la mélangeant avec de la chaux vive en poudre, l'albumine, à cause de la tendance qu'ont tous les tissus, à se combiner avec les bases terreuses et surtout avec la chaux, l'albumine se solidifie en

une masse compacte, et forme, si je puis m'exprimer ainsi, une ossification artificielle. On se sert encore de l'albumine pour donner un luisant aux cirages ; pour mettre les couleurs d'un tableau à l'abri du contact de l'air ; c'est alors un vernis provisoire. Mais les peintres ont abandonné ce moyen de détruire provisoirement les effets de l'*embu* des couleurs, parce que l'albumine se fendille, s'écaille, et emporte par son retrait la partie qu'elle recouvre. Cela est vrai du blanc d'œuf; mais la partie soluble de l'albumine obtenue par filtration (1501), ne présentera aucun de ces inconvénients, si l'on a soin de l'étendre de beaucoup d'eau et d'y faire dissoudre du sel marin, pour la maintenir moins épaisse, à la faveur de l'hygrométricité. Battez vos blancs d'œufs dans vingt fois leur volume d'eau, jetez sur un filtre en papier ; le liquide qui passera à travers le filtre, étendu sur une surface, y laissera un vernis que vous pourrez enlever à l'eau, aussi promptement que vous la voudrez. La substance soluble d'amidon (1082) produirait le même effet, jointe à un peu de savon ordinaire.

1546. Contre-poison. — Bertrand et Chaussier ont lodiqué depuis longtemps la propriété que possède l'albumine, comme contre-poison, contre la plupart des solutions métalliques, et surtout contre les solutions de cuivre et de mercure. L'albumine agit encore en cette circonstance, par sa tendance à l'organisation, qui n'est que l'assimilation et la combinaison intime de la molécule organique avec une base terreuse ou métallique. Elle sert de contre poison, parce qu'elle détourne à son profit les sels que les surfaces du canal alimentaire se seraient assimilés par le même mécanisme, au détriment de l'élaboration normale; et elle préserve, parce que les tissus jeunes ont, pour cette assimilation, une plus grande tendance que les tissus vieux, vu que ceux-ci possèdent abondamment l'élément basique qui manque aux autres ; que les premiers s'organisent en absorbant le sel vénéneux, et que les seconds ne l'absorberaient qu'en se désorganisant, c'est-à-dire en échangeant, par une double décomposition, la base avec laquelle ils se sont combinés, contre le sel métallique ingéré. La présence de l'albumine prévient et paralyse cet accident.

1547. Ainsi l'albumine n'agit pas, dans les empoisonnements, par la réduction des sels à l'état métallique, mais par un effet analogue à la coagulation, par l'assimilation. Elle ne réduit pas plus les sels mercuriels que la chaux ; elle se les assimile alle se les combina.

TROISIÈME GENRE.

SUBSTANCE MEMBRANEUSE DES ORGANES ANIMAUX.

1548. Lorsqu'on s épuisé, par l'eau, par l'alcool, par l'éther, par les acides et alcalis étendus, la chair musculaire, un tissu nerveux, un organe quelconque, il reste une substance blanche comme l'albumine coagulée (1501), mais bien moins élastique, que les alcalis ou les acides concentrés désorganisent ou dépouillent, mais ne dissolvent jamais entièrement. Desséchée, cette substance prend les caractères du parchemin ; elle se réduit à la forme d'une membrane d'autant plus mince que la masse était plus spongieuse et moins compacte; replongée dans l'eau, elle s'en imbibe, se gonfle de nouveau, et s'y putréfie. Dans la machine à Papin, c'est-à-dire dans une marmite fermée et soumise, pendant un certain espace de temps, à la chaleur de l'ébullition, les molécules de cette substance se désagrègent et épaississent le liquide, par le refroidissement. A la distillation sèche, elle donne de l'huile empyreumatique, force produits ammoniacaux, et un charbon volumineux, que l'on distingue, dans le commerce, sous le nom de *charbon animal*, et dont on fait une immense consommation, pour la clarification des sirops du sucre, et pour la décoloration de certains liquides.

C'est là la substance qui, sous le rapport anatomique, joue, chez les animaux, le même rôle que celle qui forme le *tissu cellulaire* et *vasculaire* (1103) chez les végétaux. Je la nommerai, dans le courant de cet ouvrage, *substance membraneuse*, *membrane*, ou *substance molle des tissus animaux*. C'est elle qui forme la charpente des grands organes, comme des organes microscopiques, des organes mous comme des organes solides, des muscles, des nerfs, des glandes, des os, des cartilages, des tendons et aponévroses, des poils eux-mêmes, enfin de tout ce qui, dans un être animé, jouit d'une espèce de végétation, d'un développement vital.

Sous le rapport chimique, elle représente, chez les animaux, le *gluten* des végétaux (1238). C'est de l'albumine au second état du développement (857), dont les os sont le dernier état.

§ 1. *Consistance et réfrangibilité de la membrane animale.*

1549. En anatomie, on considère, comme membrane simple, celle que le scalpel ne peut plus dédoubler. Mais observée au microscope, la plus simple de ces membranes s'offre comme un tissu

compliqué, et se compose évidemment de plusieurs membranes. Ainsi l'épiderme n'est qu'un amas de cellules épuisées, affaissées les unes contre les autres. La membrane de l'*amnios* du porc, qui, à l'œil nu, n'est qu'une pellicule blanche et sans organisation apparente (*), apparaît, à un grossissement de 100 diamètres seulement, comme un tissu de cellules accolées les unes contre les autres, et renfermant chacune dans leur sein une autre cellule ; mais à un grossissement de mille diamètres, cette organisation devient de la plus grande évidence. On a alors sous les yeux une couche simple de cellules, exactement disposées comme dans la fig 40 de la pl. 10, qui représente le tissu adipeux de l'homme (1476), c'est-à-dire que chaque cellule est entourée d'un canal vasculaire, et que la couche totale est par conséquent traversée par un vaste réseau de vaisseaux blancs. Chacune de ces cellules présente dans son centre, à ce grossissement, un gros noyau.

1550. La membrane animale simple est la paroi d'une cellule; on peut l'observer isolément, et réduite ainsi à elle-même, sur les emboîtements les plus internes du tissu adipeux (1482), et surtout sur les grandes cellules infiltrées d'air dont se composent les poumons de la grenouille, etc.

1551. A cet état de simplicité, la *substance membraneuse* est si ténue qu'elle a presque le pouvoir réfringent de l'eau et de l'alcool, et qu'elle ne se fait remarquer que par les plis que le mouvement détermine sur sa surface.

1552. Mais au contraire si la *substance membraneuse* se compose de plusieurs couches superposées de ces membranes, alors, quelque blanche qu'elle soit par réflexion, elle décompose la lumière par réfraction, et ne renvoie à l'œil de l'observateur que le rayon jaune, pourvu toutefois qu'elle ne renferme dans son tissu aucune matière colorante étrangère.

§ II. *Structure intime de la substance membraneuse* (**).

1553. Dans cet état, elle présente, dans son épaisseur, des bosselures, des granulations arrondies, de toutes les formes et de toutes les dimensions, qui s'alignent, de toutes les manières imaginables, en chapelets, en courbes, en sinuosités, mais sans aucune constance, et en laissant, entre toutes ces figures informes, des lacunes vides de granulations. Ces circonstances se présentent avec d'autant plus de variété, que la membrane est plus sèche ; mais une seule goutte d'eau suffit, au bout de quelques instants, pour en faire disparaître un grand nombre, qui viennent souvent se résoudre, en voyageant sous la membrane, en tout autant de bulles d'air.

1554. Ce sont là les causes d'illusion qui ont fourni matière à des travaux assez volumineux, sur la structure intime des tissus de nature animale. D'après les auteurs de ces Mémoires, les *membranes animales seraient composées, en dernière analyse, de globules égaux en diamètre et disposés bout à bout en fibres élémentaires, lesquelles se feutreraient, en laissant entre elles des interstices qui permettraient de voir la couche inférieure.* Ces idées étaient appuyées sur des figures si nombreuses et d'une exécution si précise (***), qu'une réfutation de l'opinion ne pouvait être qu'un démenti formel donné aux figures ; et pourtant il a bien fallu donner un démenti à ces figures, et finir par les ranger dans la classe des produits qu'enfante l'imagination, lorsqu'elle observe sous l'influence d'une idée préconçue. La nature en effet n'offre jamais rien qui ait constamment la moindre analogie avec ces figures.

1555. Les auteurs de ce système n'avaient jamais remarqué que les substances soumises à leurs observations, au lieu de représenter une membrane réduite à elle-même, n'étaient que des couches superposées de membranes, de cellules, de vaisseaux, dont le tissu, distendu par des substances hétérogènes, ou infiltré d'air, était susceptible (par les phénomènes d'évaporation, de capillarité, de dessiccation, de réfraction, etc.) de présenter à l'œil des globules illusoires. La nature des menstrues, dans lesquels on a pu conserver les substances animales, telles que l'huile de térébenthine, l'alcool, etc., sont dans le cas d'ajouter encore à cette illusion, en laissant déposer, par leur évaporation (1483), des globules de substances grasses, qui semblent affecter le même diamètre et se ranger quelquefois en séries de trois à quatre. On en voit un exemple sur la pl. 11, fig. 1, et pl. 12, fig. 2, qui représentent les fibrilles très-jeunes du chorion humain, après un séjour assez court dans l'alcool. Mais en même temps, on peut remarquer que non-seulement ces petites granu-

(*) *Report. général d'anatomie*, tom. V, pl 12, fig 9 et 10, 1828

(**) *Sur la structure intime des tissus de nature animale. Report. general d'anatomie*, tom. IV, 1827.

(***) Voyez, outre les travaux de Ev Home et Bauer, Prevost et Dumas, celui de Milne Edwards, inséré dans le *Report général d'anatomie*, t. III, p. 47. C'est une thèse inaugurale

lations précipitées n'affectent ni la même forme ni le même diamètre, mais même qu'elles ne sont pas contiguës et rangées bout à bout, et qu'enfin elles laissent entre elles des espaces intermédiaires, qui n'offrent pas la moindre trace de granulations.

1556. Au reste, toutes les fois qu'on a sous les yeux la paroi d'une cellule simple, à l'état frais, il est impossible, à quelque grossissement que ce soit, d'y découvrir la moindre structure; et quoique l'analogie me porte à admettre que ces membranes, si simples en apparence, sont composées de globules primitifs, rangés en spirale autour de l'axe idéal de la cellule, cependant il n'en est pas moins juste de déclarer que nos moyens d'observation seront tout aussi impuissants, pour nous faire aborder l'atome organique, que l'atome des substances inorganiques.

1557. Les idées que nous venons de réfuter se trouvaient professées dans tous les livres classiques, et dans ceux de l'étranger; à la faculté de médecine comme à l'université de Stockholm; Berzélius les inscrivait encore dans son édition de 1832; car la vérité n'a aujourd'hui d'autre puissance que celle des coteries; et, pendant près de dix ans, nous n'avions à opposer, à ce grand pouvoir, que notre plume qu'il brisait quelquefois, et notre parole qu'il étouffait. Enfin, nous nous sommes adressé, en 1833, à la coterie la plus puissante de toutes, à l'opinion publique; et il n'a pas fallu plus d'un an, pour que nos coteries académiques aient reçu l'ordre de biffer quelques pages de leurs livres universitaires, et de copier, pour leur compte et sous le nom de leurs disciples et tenants, l'opinion qu'ils avaient jusque-là mise au ban de la science. A quoi servent donc les académies, s'il faut avoir recours à l'opinion publique, à l'effet de leur faire ouvrir les yeux?

1558. Pour corroborer l'opinion de Dumas et Edwards, Dutrochet (*) a invoqué les phénomènes physiques que présente l'albumine, lorsqu'on la soumet au courant voltaïque (1556). Là il aurait vu les globules tantôt fusiformes, tantôt sphériques, selon que les ondes électriques qui les enfantent, en se rencontrant, seraient plus serrées ou plus espacées; il aurait vu, dis-je, ces globules s'ajouter bout à bout, pour former des *fibres contractiles*, et par conséquent des fibres musculaires. Malheureusement toutes ces belles créations sont encore dans les fables; et l'imagination de l'auteur a brodé à sa manière un phénomène brut de *coagulation* (1510). Les globules qu'il a décrits avant tant de précision ne sont alors que des jeux de la lumière déviée par des bosselures, des enflures de la surface coagulée plus ou moins violemment. C'est ce qui résulte pour nous, non pas seulement de l'application inexorable des principes de la réfraction à ces corps, mais encore de la répétition fidèle que nous avons faite des expériences de Dutrochet; les résultats que nous avons obtenus ont été tels, que nous ne pouvons nous dispenser de taxer de rêveries les assertions de l'auteur.

1559. Les membranes de tous les organes animaux, même les plus disparates par leurs fonctions, sont donc d'une homogénéité désespérante pour la physiologie, l'anatomie et la chimie microscopique. Cependant elles peuvent se prêter à des formes capables de fournir des caractères secondaires, à l'effet de distinguer les différents organes. Nous allons, sous ce rapport, en étudier succinctement quelques-uns dans les paragraphes qui suivent.

PREMIÈRE ESPÈCE.

Tissu musculaire.

1560. Un *muscle* est un organe plus ou moins charnu, dont les contractions spontanées ou provoquées par la volonté, servent à rapprocher, à fléchir, à mouvoir enfin les diverses parties de l'animal.

L'anatomie nous apprend que, dans une masse musculaire, pénètrent, par des ramifications subdivisées à l'infini, les nerfs, et, par des anastomoses aussi multipliées, les vaisseaux sanguins. Aussi voit-on les muscles varier de couleur selon les classes d'animaux: rouges dans les mammifères, ils sont blancs chez les poissons et les insectes.

(*) Voyez l'analyse critique de son travail dans le *Lycée*, n° du 24 novembre 1831.

Quelques jours après la publication de ce n° du *Lycée*, un académicien, qui, du reste, est coutumier du fait, et coutumier imperturbable, est venu reproduire, sous son nom, notre article, et obtenir un rapport flatteur. Un académicien ne doit succomber que sous un bras académique; or ce dernier n'a que la force de donner le coup de grâce, et il arrive quand tout est fini. Dutrochet lui-même s'est rangé alors de l'opinion contraire, qu'il discute, qu'il démontre, qu'il expose aujourd'hui, et sous son propre et privé nom, avec autant de complaisance que s'il n'en avait jamais émis d'autre! La puissance académique décline, elle a perdu le droit de se montrer retardataire; il faut enfin qu'elle marche aussi vite que nous, sous peine de rester en arrière, faute désormais de pouvoir nous arrêter.

§ I. *Structure intime de l'organe musculaire.*

1561. L'anatomie en grand s'était toujours attachée à décrire ce qu'elle voyait, sans chercher à remonter d'abord par la pensée, et ensuite par l'expérience directe, aux époques qui avaient précédé les observations du moment. Elle s'arrêtait au fait, sans rechercher l'origine; à l'organe developpé, sans trop se rendre compte des circonstances du développement. Ce fut toute une découverte que la méthode contraire; et dans notre esprit ce fut toute une révolution, qui paraît aujourd'hui avoir envahi le domaine entier des études classiques, surtout depuis peu; depuis que, grâce à un heureux subterfuge, il nous a été loisible d'ouvrir, dans le sein de la faculté même, des cours publics, auxquels nous ont fait l'honneur d'assister les célébrités les plus compétentes.

1562. La formule de cette méthode consiste, après avoir analysé un organe, de se le représenter à chaque phase de son développement, et de se figurer, par la pensée, sous quelle forme il aurait apparu à nos yeux, s'il nous avait été donné de l'observer en place à chaque phase de son accroissement, de descendre enfin jusqu'à sa forme microscopique, en suivant pas à pas la progression par laquelle il est parvenu, sans changer de fonctions et de structure, jusqu'à ses gigantesques dimensions. Appliquons cette méthode à l'organe musculaire en général; et du muscle le plus énorme, elle va nous conduire, comme à la filière, jusqu'à la fibrille qui en forma l'élément immédiat.

1563. Prenons un muscle quelconque des membres pelviens ou thoraciques d'un animal de gros calibre. Nous observerons d'abord que, pour l'isoler des muscles voisins, il est nécessaire de diviser et de déchirer un tissu aranéeux qui le lie à eux par toute sa surface; c'est le tissu cellulaire qui sert à former un grand tout de cette masse d'organes rétractiles, destinés à rapprocher ou à écarter les os des membres. Le muscle, réduit à son organisation essentielle, présente alors une grande unité à son tour, qui s'attache, par ses deux extrémités, à une plus ou moins grande surface des deux os du membre; mais là cet organe est tout aussi imperforé que sur ses surfaces libres, et ses surfaces libres n'offrent pas la moindre solution de continuité; elles ne forment qu'une seule et même enveloppe, qui peut changer de consistance et de couleur, en s'approchant de ses points d'insertion, qui ici passe, par les nuances les plus fines, de l'aspect de la chair ordinaire à l'aspect et à la consistance du tendon et même du cartilage, mais qui, dans tous les cas, ne laisse pas que de conserver l'unité d'un organe *sui generis*, toujours le même par sa nature, et qui ne diffère que par des nuances : c'est l'*aponévrose*. Si nous déchirons, dans le sens de la longueur, cette enveloppe générale, nous trouverons qu'elle recouvrait des portions d'organes, que nous pourrons isoler entre elles, ainsi que tout autant d'unités, comme nous avions isolé le muscle lui-même, des muscles qui se trouvaient enveloppés avec lui par le derme du membre, grande aponévrose qui s'est façonnée au contact de l'air et de la lumière. L'*aponévrose* enveloppe donc des muscles, qui seraient tout autant d'unités, si cette membrane qui les recouvre, comme des fractions, étant moins résistante, et se laissait déchirer aussi facilement que le tissu aranéeux ou tissu cellulaire; car une fois l'aponévrose enlevée, on isole les parois de chacune de ces masses secondaires du muscle, avec autant de facilité qu'on avait isolé le muscle lui-même de ses congénères. Mais prenons ensuite l'une quelconque de ces masses secondaires, l'un de ces muscles n° 2, et soumettons-le aux mêmes procédés de dissection; nous le trouverons revêtu à son tour d'une aponévrose générale, aussi bien close et aussi bien imperforée que l'aponévrose n° 1. Déchirons cette enveloppe, et il se trouvera qu'elle renfermait à son tour un certain nombre de masses tertiaires, unités musculaires de troisième ordre, exactement conformées sur le type des unités secondaires, et n'en différant que par les dimensions. Prenez enfin une masse tertiaire, vous la trouverez organisée exactement sur le type des unités premières, et ainsi de suite à l'infini, si vous avez la patience et l'habileté d'arriver jusqu'au *nec plus ultrà* de la dissection, jusqu'à la fibrille élémentaire, qui alors vous apparaîtra, chez le bœuf au moins, comme une réunion de cylindres contournés en un faisceau de spirales, fig. 5, pl. 11. Afin d'obtenir ces organes élémentaires plus intègres et moins altérés par la dessiccation, il sera bon de se servir de chair musculaire bouillie; car l'ébullition de l'eau décompose les enveloppes aponévrotiques de 1er, 2e et 3e ordre, et isole ainsi sans scalpel, cette petite forêt d'emboîtements concentriques; chez le bœuf, chacun des cylindres qui entrent dans la composition de la spirale (fig. 5), a au moins $\frac{1}{20}$ de millimètre en diamètre. Ils paraissent lavés d'une légère teinte de purpurin (*).

(*) Nous avons comparé [1548] la membrane des amandes ou gluten des végétaux; dans l'acte du déchirement, elle offre le

1564. Nous voilà donc arrivés à l'élément organisé du muscle, et cet élément n'est pas autrement organisé que la masse elle-même ; il en est un diminutif, c'est-à-dire qu'il est une longue vésicule close, imperforée aux deux extrémités, un cylindre, enfin, rempli de substances non encore organisées.

1565. C'est là que s'arrête sans doute la marche du développement de l'organe musculaire, à l'instant où la dissection nous en révèle la structure. Mais le muscle que nous étudions en cet instant était, dans l'animal, susceptible de croître encore ; nous voyons en effet tous les jours les muscles maigrir ou grossir, selon que l'animal est plus ou moins bien nourri. Or le développement du muscle n'est pas dû à l'engraissement qui constitue l'embonpoint ; la graisse en effet distend le tissu cellulaire qui s'en infiltre, et ce tissu cellulaire se trouve entre les diverses aponévroses de l'organe général, avec tous les caractères que nous lui avons reconnu plus haut, et qui le rendent reconnaissable au premier coup d'œil. Or l'anatomie ne manquera pas de constater que le muscle ne doit pas toujours à une plus abondante infiltration de graisse, son accroissement nouveau en diamètre ; mais qu'il a grossi souvent par une nouvelle acquisition de sa substance propre ; et si alors on recommence la dissection par la méthode de désemboîtement, qui nous a servi à l'étudier une première fois, nous arriverons encore en dernière analyse au cylindre fibrillaire de la fig. 5, pl. 11 ; mais nous passerons, pour l'atteindre, par une série plus longue de désemboîtements. Si l'on veut que cette étude soit comparative, on aura soin d'avoir sous les yeux en même temps, et de disséquer de la sorte, le même muscle pris sur un sujet émacié et sur un sujet robuste. Or admettons par hypothèse que le muscle du sujet émacié renferme cinq emboîtements, avant d'arriver à la fibre élémentaire, et que le muscle de même nom du sujet robuste en renferme six ; ne vous semble-t-il pas rationnel de conclure que le sixième emboîtement de celui-ci est né dans le cylindre élémentaire de celui-là, cylindre qui est devenu aussi à son tour une aponévrose de cinquième ordre ? Mais alors pour que le muscle continuât à croître indéfiniment, il suffirait que chaque cylindre une fois arrivé à une certaine dimension, engendrât dans son sein de nouveaux organes de sa nature, et ainsi de suite à l'infini.

même phénomène ; les bords se ressoudent en mailles artificielles, au moindre effort qui les rapproche, après leur déchirement. Aussi, quand le scalpel vient à diviser, dans le sens de leur longueur, l'un des cylindres musculaires, voit-on tout à coup se reformer deux cylindres nouveaux

1566. L'organe musculaire chez les animaux se développe donc par emboîtements successifs, ainsi que se développent tous les organes des végétaux, et la théorie vésiculaire s'applique tout aussi bien aux muscles qu'au tissu adipeux (1486).

1567. Mais de même que chaque cellule cylindrique engendre et reproduit son type par sa paroi interne, de même elle peut engendrer par sa paroi externe, et cela dans l'ordre que suivent ses éléments organisateurs. Si cela a lieu, on verra, dans la même gaîne aponévrotique, des cylindres de diverses longueurs, les plus longs s'insérant plus bas, les plus courts s'insérant plus haut sur la surface d'un même organe, en sorte que leur disposition sera ou en spirale ou flabelliforme, et que l'aspect général de l'organe musculaire offrira des stries longitudinales, des fibres qui viendront s'effacer de plus en plus bas, vers le point d'insertion de l'organe. Or, un muscle quelconque n'affecte jamais une autre configuration et un autre aspect.

1568. Si maintenant nous voulons comparer la structure animale, avec la structure végétale, telle que nous l'avons exposée dans le *Nouveau système de physiologie végétale*, nous arriverons forcément à cette conséquence, que l'organe musculaire, chez les animaux, affecte la même organisation, occupe la même place, suit enfin les mêmes lois de développement que les nervures végétales, ces cellules allongées enfin qu'on avait si improprement désignées sous le nom de vaisseaux et de trachées.

1569. Nous venons de suivre le développement dans sa marche naturelle, nous avons procédé par la voie ascendante ; cherchons à compléter la théorie, en rétrogradant par la pensée, en remontant à reculons, de l'état adulte du muscle, jusqu'à son état embryonnaire, si je puis m'exprimer ainsi ; nous avons raisonné par accroissement, raisonnons maintenant par décroissement.

Lorsque nous nous contentons de disséquer un muscle de 40 centim. de long pris sur un adulte d'une taille de 1 mètre 70 centim., nous sommes portés à perdre de vue et l'origine de son développement, et ses rapports d'analogie, par cela seul que le scalpel qui divise l'organe, semble éloigner d'autant notre pensée des rapports d'unité. Mais descendons progressivement de ces dimensions gigantesques pour l'observation, aux dimensions d'un âge moins avancé et d'une taille

moindre, il est évident que l'accroissement de l'individu ayant lieu proportionnellement pour chaque organe, lorsque l'individu n'avait que 85 centim., le muscle qui fait le sujet de l'observation, ne devait avoir environ que 20 centim. de long, qu'il était réduit à 10 centim. quand l'individu n'avait encore que 42 centim., enfin, quand l'individu encore embryonnaire n'avait que 2 centim., le muscle ne devait avoir que 2 millim. de long. Or, comme tout le contenu a dû décroître dans la même proportion que le contenant, nous retrouverons dans son sein, à cette époque, réduits proportionnellement, tous les grands compartiments aponévrotiques, que nous avions isolés sur l'adulte, comme tout autant d'unités secondaires, tertiaires, etc. Et comme l'épaisseur de l'organe ne s'opposera pas au passage des rayons lumineux, il nous sera facile de lire par réfraction (568) son organisation intime, qui nous apparaîtra alors sous la forme d'une cellule pleine d'autres cellules (pl. 18, fig. 16), c'est-à-dire sous la forme d'un tissu qui ne se distinguera, sans aucun rapport, du tissu que nous désignons par le nom de tissu cellulaire, quand nous l'étudions autour d'un muscle parvenu à de colossales proportions. Chez les végétaux, nous avons démontré qu'à cette époque embryonnaire, les deux tissus appelés à jouer plus tard deux rôles différents, n'étaient pas organisés autrement l'un que l'autre; qu'ils offraient l'un et l'autre le même aspect, la même nature chimique, le même nombre de pièces; nous avons été plus loin même, et nous avons annoncé que ces deux tissus se retrouvaient avec la même structure et le même nombre de pièces chez les animaux (*); c'est ici le lieu de peindre aux regards cette analogie. La fig. 13, pl. 18, représente une lame d'un des muscles de l'œil d'un lapin, observée à un grossissement de 350 diamètres. La masse (α) ne s'y montre que striée, à cause de son épaisseur et partant de son opacité, qui fait que les cylindres se dessinent les uns à travers les autres. Mais lorsque l'on arrive aux bords déchirés de l'organe, on y trouve distinctement des cylindres assez courts (β), pour que l'œil en embrasse les deux extrémités à la fois; et sur les parois de chacun de ces cylindres (β) se dessinent des stries transversales opaques, dans lesquelles l'analogie aujourd'hui ne saurait manquer de voir les ombres des spires, qui chez les végétaux ont donné lieu à tant d'illusions hizarres. Si au microscope les mêmes images indiquant les mêmes dispositions, nous retrouvons donc ici ces fibres qui dans les cellules vasculaires de ces végétaux, se contournent en *tire-bouchons*, faute de pouvoir s'étirer, d'un seul jet, dans une capacité trop étroite. Mais la similitude devient plus frappante, lorsqu'on soumet au même grossissement un des muscles d'un petit pinson sorti depuis quatre jours environ de sa coquille (pl. 18, fig. 18). Les tours de spire acquièrent ici un relief qui ne permet plus de se méprendre sur leur analogie; car chacun de ses cylindres a $\frac{1}{70}$ environ de millim. en diamètre, ce qui donne une image de 5 millim. de diamètre au grossissement de 350 fois.

1570. Les muscles que nous venons d'étudier, ont été isolés par la dissection; ils ont par conséquent été soumis à des tiraillements et à des déchirements qui ne doivent pas avoir laissé que de les déformer et d'en altérer, sur plusieurs points, la structure et la continuité. La démonstration ne laisserait pas le moindre doute dans l'esprit, s'il nous était permis de les étudier en place, et sans les amoindrir pour les rendre transparents. Or c'est un résultat qu'il est facile d'obtenir sur les animaux de petit calibre, et qui sont transparents, à la loupe et au microscope, par toutes les parties de leur corps. Les exemples de ce genre se présenteront fréquemment à l'œil de l'observateur attentif; nous avons pris le nôtre, en juin 1837, sur des œufs que l'*araignée aquatique* avait enveloppés, de leur coque jaune de soie, à la base d'une tige d'un *juncus maritimus* de la mare de Gentilly. La coque a environ 8 millim. de diamètre; l'œuf a plus de 2 millim. de long. Écrasé sur le porte-objet, il s'en échappe un embryon tout formé, avec un suçoir énorme, ses pattes unguiculées, plus un long cordon ombilical, qui part d'une masse de tissu cellulaire d'un réseau élégant et régulier. Nous avons représenté ce réseau (pl. 18, fig. 16), à un simple grossissement de 50 fois, au microscope simple. On voit que ce sont des cellules striées par l'ombre de leurs petites spires, comme le seraient les compartiments cellulaires d'un gros muscle, si par la pensée on le suppose réduit à de si petites dimensions. Or les muscles réels de l'embryon n'affectent pas une autre structure et un autre aspect, ainsi que le montre l'extrémité unguiculée de l'une des pattes (pl. 18, fig. 15). Ici la patte est encore emprison-

(*) *Gazette des hôpitaux*, 7 avril 1836. — *Nouv. syst. de Physiol. végét. et de botan.*, tom. II, pag. 195, 1836. Une manière de concevoir la structure générale du muscle paraît en être arrivée à la période de l'évidence; car Blainville a ordonné à son école de l'adopter, par la méthode ordinaire, c'est-à-dire de la copier textuellement et sans citation.

née dans la vésicule (α) qui lui a donné naissance, et qui est destinée à tomber au grand jour. L'ongle (β) est diaphane. Mais les muscles qui sont appelés à mouvoir ce tarse, cette extrême articulation, se dessinent (γ) comme tout autant de cellules effilées à leurs deux extrémités, et striées par la réfraction de leurs spires. Si ce petit membre avait reçu de la nature la destination d'un avant-bras d'un mammifère, chacune de ses petites cellules, que nous voyons ici sans nom et agglomérées comme sans ordre, prendrait un nom caractéristique, une fois parvenu aux dimensions auxquelles nous sommes habitués d'attacher une grande importance. Or les muscles du corps humain que nous figurons et que nous désignons par des traits et des signes invariables, ont commencé par être aussi petits que chacune de ces parties musculaires du tarse de l'embryon de notre araignée, et à cette époque ils étaient tout aussi innommés que ceux-là.

1571. L'organe musculaire a donc pour élément générateur, une cellule imperforée, tapissée d'une spire qui la distend et se dessine à travers ses parois transparentes, élaborant sa substance organisatrice (*) en cellules conformes à son type, qui prennent naissance ou sur la paroi interne et en acerrnissent ainsi le diamètre, ou sur la paroi externe et augmentent ainsi le nombre de ces sortes d'unités élémentaires, et qui toutes sont destinées à croître beaucoup plus en longueur qu'en largeur.

1572. Si nous poussons l'analogie jusqu'à ses dernières limites, nous conclurons que, sur certains animaux à tous les âges, et à un certain âge sur certains autres, le muscle peut se trouver réduit à un simple tube imperforé, rempli de substances organisatrices, et distendu par une spirale qui se déroule de l'une à l'autre de ses extrémités.

§ II. *Mécanisme de la contraction musculaire.*

1573. Des physiologistes d'une époque déjà ancienne ont soutenu que les muscles se contractent par les zigzags que décrirait, d'après eux, la fibre musculaire. Dans ces derniers temps, Prévost et Dumas ont reproduit cette opinion, en l'appuyant sur une observation électro-microscopique. Ces deux auteurs ayant placé, au foyer du microscope, une lame de tissu musculaire, et l'ayant soumise en même temps à l'influence de la pile, annoncèrent avoir vu chaque filet musculaire se plier en zigzag et décrire des angles, dont le sommet aboutissait à la terminaison du filet nerveux.

Cette observation est appuyée d'une figure très-bien dessinée (**).

1574. Mais, 1° il est difficile de concevoir comment des filets élastiques pourraient se prêter à décrire des lignes aussi bien brisées, que les ont figurées les auteurs de ce travail.

2° On aurait dû en même temps nous apprendre à distinguer, les uns des autres, les filets musculaires des dernières fibrilles du système nerveux. Une fois que les nerfs finissent par s'approcher du calibre des cylindres élémentaires d'un muscle, je déclare qu'il me serait impossible à moi de distinguer, au microscope, ce qui appartient au nerf, de ce qui appartient au muscle. Les anatomistes savent très-bien qu'en poursuivant à la loupe les nerfs, jusqu'à leurs dernières ramifications, il leur deviendrait bien difficile de se prononcer sur la nature du tissu qu'ils observent. Que serait-ce au microscope, où le plus souvent l'œil seul est invoqué en témoignage, et où le scalpel ne peut plus rien poursuivre et plus rien démêler?

3° Alors même que les auteurs auraient aperçu quelque chose d'analogue aux figures, dont ils ont accompagné leurs descriptions, cette expérience ne prouverait nullement ce qu'ils avancent. La lame musculaire, en effet, s'applique nécessairement par plusieurs points sur la surface du porte-objet; or, si l'on détermine un tiraillement par un de ses bouts, soit mécaniquement, soit en excitant la fibre nerveuse par le contact voltaïque, ce tiraillement seul suffira, à cause des résistances des points adhérents à la surface du porte-objet, pour déterminer des mouvements sinueux, que le dessin rendra ensuite plus ou moins réguliers et plus ou moins anguleux. Le résultat de cette observation est donc tout artificiel, et ne peut nullement être considéré comme représentant ce qui se passe dans la nature.

1575. La seule manière rationnelle de constater le mécanisme de la contraction musculaire, c'est évidemment d'observer le muscle se contractant sous l'influence vitale. Or les occasions de procéder

(*) Il est évident qu'aucun de ces cylindres n'est vide; car autrement il se resplirait d'air pour se distendre, ou s'aplatirait pour se confondre à l'œil avec tous les tissu ambiants. Or il se dessine en cylindre, donc il n'est pas aplati. Sous l'eau, il ne paraît pas opaque, donc il n'est pas rempli d'air [576]; il est limpide et transparent, donc il est rempli d'une substance organisatrice analogue, par son pouvoir réfringent, à la matière chimique de la membrane.

(**) *Annal. des sciences naturelles*, 1824.

à cette observation ne manquent pas de se présenter, quand on se livre à l'étude des animaux inférieurs de l'échelle systématique. Combien de fois n'ai-je pas examiné attentivement la contraction musculaire do pied des Anodontes, des Gastéropodes, etc.! Eh bien! je puis certifier que jamais la fibre musculaire ne m'a rien offert d'analogue aux figures des auteurs que je réfute. La contraction n'avait lieu qu'au moyen du raccourcissement de la fibre; et le raccourcissement de la fibra s'opérait par son extension en largeur, ce qui occasionnait de petits renflements sur toute l'étendue de la fibre.

1576. La même observation peut se faire, avec un égal succès, sur le Rotifère (pl. 19, fig. 1), infusoire qui, dans le principe, a donné lieu à tant de fables. Il est vrai que mon assertion aura l'air d'un paradoxe aux yeux des physiologistes; car ils prétendent que ces animaux microscopiques ne possèdent rien d'analogue aux muscles et aux nerfs. Les physiologistes auraient dû simplement avancer que nos moyens d'observation ne nous permettent pas de distinguer les différents muscles de ces animaux, avec la même facilité que nous distinguons le trapèze, le deltoïde, le grand dentelé de l'homme. Mais nier l'existence de muscles chez les animaux qui fléchissent, étendent, raccourcissent leur corps; nier des nerfs chez des animaux que l'on épouvante, dont on arrête les mouvements par une secousse, c'est vouloir ravir à l'histoire naturelle ce qui en fait la base la plus solide, je veux dire l'analogie. Mais ce n'est pas par l'analogie, c'est par l'observation directe que l'on constate l'existence d'un système musculaire, et en même temps le mécanisme de ses contractions chez le rotifère; il suffit de diminuer un peu l'intensité de la lumière. Or toutes les fois que l'animal rentre en lui-même, effrayé par la moindre secousse du porte-objet (pl. 19, fig. 3, 4), ou que, rassuré, et revenu de sa frayeur, il développe son corps dans le liquide (fig. 5), on voit les cylindres musculaires qui sillonnent son corps de la tête à la queue, grossir en se raccourcissant ou s'amincir en s'allongeant; et ce mécanisme est tellement saisissable, qu'on ne conserve plus de doute à cet égard.

Aussi la doctrine académique a-t-elle fini par se rendre à l'évidence, et par permettre à sa subvention de réfuter la théorie de Dumas, en copiant cette page; il a fallu dix ans pour arriver à ce résultat.

1577. Quoi qu'il en soit, après avoir trouvé le mécanisme général de la contraction musculaire, nous avons depuis, par la découverte des spires végétales dans chacun des cylindres élémentaires, nous avons, dis-je, mis à nu le ressort de ces mouvements; en effet, quand la spirale écarte ses tours de spire, le cylindre doit s'allonger et s'amincir, et le muscle doit se comporter de la même manière que chacune de ses parties. Lorsque, au contraire, la spirale rapproche ses tours de spire, le cylindre, et partant le muscle qui en est composé, doit se raccourcir et augmenter de diamètre, se contracter et s'enfler en même temps. Quant à l'impulsion qui est la cause de ces contractions, les expériences en grand démontrent assez qu'elle émane de l'appareil nerveux.

Mais la théorie de la contraction musculaire, que nous n'avons pas eu besoin d'expliquer fort longuement dans le précédent paragraphe, tant elle est simple et conforme à tout ce que nous savons en mécanique, cette théorie se traduit de la manière la plus pittoresque, et presque dans les mêmes termes, chez un genre de végétal et un genre d'animal, qui vivent également dans les eaux : chez la vallisnerie et chez la vorticelle. La vallisnerie est une plante bisexuelle qui croît fixée au fond des eaux, et dont les fleurs ne viennent à la surface, que pour se féconder au contact de l'air et de la lumière. Mais pour arriver à se rencontrer ainsi sur la limite des eaux et de l'atmosphère, les fleurs mâles se détachent de la souche, et montent isolées s'épanouir en voguant sur les eaux. Au même instant, la fleur femelle arrive aussi au rendez-vous; mais non pas libre des chaînes qui l'attachent à la plante maternelle; car elle porte dans son sein le germe qui ne saurait mûrir isolé. Or la nature a disposé le pédoncule de la fleur femelle en tours nombreux de spire, en une espèce de longue vrille, qui peut, en se déroulant, se prêter à la course de la fleur, et, en rapprochant ses tours de spire, la ramener fécondée sous l'aisselle du feuillage maternel. Supposez cette gigantesque spire emprisonnée dans un cylindre albumineux et élastique, ce cylindre offrira toutes les pièces qui constituent le cylindre musculaire; mais dans le sein des eaux, ce cylindre est appliqué sur les parois de la spire, qui nous semble dès lors une unité isolée, d'une structure homogène, et d'un seul nom.

1578. Chez les animaux, la vorticelle nous offre le même phénomène, non plus à la saison des amours, mais à toutes les secondes, lorsque nous la soumettons à l'observation microscopique dans un verre de montre, qui est, pour ce monde de

monades enchaînées au même point, un océan considérable. La vorticelle est rameuse, c'est un polypier mou, composé d'un nombre indéfini de petits polypes (γ, fig. 23, pl. 7) qui s'attachent à la souche par un long pédicule roulé en spirale (α); lorsque l'animal épanouit sa surface respiratoire et qu'il fend les eaux comme un trait, les tours de spire s'écartent, et le pédicule (α) s'allonge au gré de l'animal; lorsque l'animal recule de frayeur devant le danger, ou de dégoût devant une nourriture nuisible, le pédicule rapproche ses tours de spire, et l'animal rentre en lui-même (β), pour ne point s'opposer à ce mouvement de recul. La contraction succède à la dilatation, et celle-ci à la contraction, par des mouvements si prompts et à des époques si rapprochées, que je ne pourrais mieux comparer ce joli phénomène qu'au bouquet d'un feu d'artifice qui lance une gerbe d'étoiles, et semble les reprendre éteintes et décolorées, pour les lancer étincelantes de nouveau dans les airs. Ainsi l'animal avance et s'allonge, en déroulant les tours de spire de l'unique organe musculaire qui l'attache à la souche; il recule en rapprochant les tours de spire d'abord déroulés; ce pédicule serait donc évidemment notre cylindre musculaire, s'il manœuvrait de la sorte dans un fourreau élastique, et que les tours de spire fussent moins visibles. Est-ce qu'il cesserait d'offrir la même analogie aux yeux du philosophe, parce que la spire qui le fait mouvoir est plus visible que le cylindre, lequel s'est agglutiné à sa surface, dans un milieu qui ne lui aurait pas permis de s'en tenir à distance sans se décomposer?

§ III. *Caractères chimiques du muscle.*

1579. Les parois des cylindres musculaires, dont nous avons déjà parlé, une fois dépouillées de toutes les substances qu'elles renferment, possèdent tous les caractères de l'albumine coagulée, ou, comme l'on dit en chimie, de la fibrine (1538). Seulement ils ne se dissolvent jamais en entier dans les menstrues acides ou alcalins qui dissolvent la fibrine. Car ici on n'a pas à traiter un coagulum informe, mais un tissu dont les molécules se sont rapprochées sous l'influence de la vitalité.

1580. L'eau bouillante les rend plus consistants, ainsi que l'alcool et tous les réactifs qui coagulent l'albumine.

1581. Jusqu'à présent on ne s'est occupé que de constater en grand, le nombre et la nature des substances que l'eau froide et l'eau bouillante peuvent enlever à une masse musculaire. On a trouvé qu'un muscle se composait de *fibrine*, d'*albumine*, de *matière extractive*, de *graisse*, de *substances capables de passer à l'état de gélatine*, d'*acide lactique*, et de *différents sels*. Je ne m'occuperai pas ici de la nature de ces substances organisatrices. Je ferai seulement remarquer que le muscle réunissant, dans l'ensemble de son organisation, les cylindres musculaires, des vaisseaux sanguins, des vaisseaux lymphatiques très-nombreux, des nerfs plus nombreux encore, du tissu cellulaire plus ou moins adipeux, il en résulte que la chimie en grand a dû confondre, dans le même résultat, les substances organisatrices qui sont spéciales à chacun de ces divers systèmes d'organes, et s'exposer encore, en cette circonstance, à prendre des mélanges pour des produits *sui generis*. L'analyse de la substance musculaire reste donc à faire; et pour y procéder d'une manière rigoureuse, il est indispensable d'opérer sur le cylindre musculaire lui-même, isolé de tous les organes hétérogènes qui s'associent anatomiquement à lui; il faut surtout, en cette circonstance, transporter le laboratoire sur le porte-objet.

1582. J'ai eu déjà l'occasion de faire remarquer les effets singuliers que des ébullitions successives produisent sur la fécule, en la transformant en *acide caséique* le mieux prononcé (923); Berthollet, de son côté, avait signalé un phénomène analogue à l'égard de la substance musculaire. D'après lui, si, après chaque ébullition, on a soin de tenir la chair exposée au-dessus de l'eau, dans une certaine quantité d'air, la chair s'altère, l'air se charge de gaz acide carbonique et d'une odeur infecte; mais ces phénomènes perdent peu à peu de leur intensité, et la chair finit par prendre l'odeur et la saveur du vieux fromage.

1583. Le résultat le plus curieux auquel ait donné lieu l'étude en grand de la substance musculaire, serait sans contredit celui qu'a obtenu Braconnot, si l'auteur avait eu la précaution de soumettre le produit à la contre-épreuve d'une analyse rigoureuse. L'auteur divise la chair, la lave, l'exprime dans une toile, et la broie avec une quantité égale d'acide sulfurique concentré. La chair s'y ramollit et s'y dissout presque en entier sans dégagement de gaz sulfureux. On chauffe doucement, et on coléve, après le refroidissement, une couche de graisse qui s'est réunie à la surface. On étend d'eau, et on fait bouillir le tout pendant neuf heures, en ayant soin de remplacer l'eau à mesure qu'elle se vaporise; on sature par la craie, l'on filtre et on évapore.

Digitized by Google

L'extrait a une saveur marquée de bouillon et n'est point sucré ; mais, remarquez bien, LA POTASSE EN DÉGAGE DE L'AMMONIAQUE ; il se dissout en partie dans l'alcool bouillant, qui, par le refroidissement, laisse déposer une matière blanche, que l'auteur a désignée comme substance immédiate, sous le nom de *leucine*.

1584. Pour l'obtenir pure, il la redissout dans l'eau, précipite une matière animale par l'infusion de tannin, et évapore convenablement.

1585. Les propriétés de cette substance seraient, d'après Braconnot, d'avoir une saveur agréable de jus de viande ou de bouillon, de fondre à un degré bien inférieur à 100, de répandre alors une odeur de viande grillée ; DE SE SUBLIMER EN PARTIE SOUS FORME DE PETITS CRISTAUX BLANCS, GRENUS, OPAQUES, et de se décomposer ensuite en huile, ammoniaque, etc. Sa dissolution dans l'eau ne serait troublée que par le nitrate de mercure.

1586. Enfin, en traitant la LEUCINE par de l'acide nitrique, et évaporant, l'auteur pense avoir obtenu un second produit acide, qu'il nomme acide *nitro-leucique*.

1587. Mais je ne vois, dans aucune des circonstances de ce travail, rien qui puisse autoriser rationnellement à considérer ces deux produits autrement que comme des mélanges, dont il reste à déterminer les éléments par de nouvelles recherches. L'acide *nitro-leucique* n'est évidemment qu'un mélange d'acide nitrique et de la *leucine*. Quant à la leucine, je n'y vois qu'un mélange d'huile et même d'albumine rendue soluble par la présence d'un acide, puis enfin d'un sulfite d'ammoniaque qui se SUBLIME à la distillation. C'est ce qu'il eût fallu réfuter, avant de léguer deux nouveaux noms à la science.

1588. En voici un troisième qui date de 1832 : c'est la CRÉATINE (*). Chevreul a désigné sous ce nom une substance qu'il a retirée de l'extrait aqueux de la chair musculaire, et qu'il regarda comme un principe immédiat ; et nos lecteurs savent déjà assez qu'en fait de principes immédiats, l'Académie n'y regarde pas de si près. D'après lui, ce principe est inodore, insipide ; il cristallise en *petits cubes qui se déposent les uns à côté des autres, en forme de trémie, comme les cristaux de sel marin*. Il n'a point d'action sur le tournesol ni le sirop de violettes ; il est insoluble dans l'alcool, soluble dans l'eau, l'acide sulfurique ; à chaud, l'acide le transforme en azote jaune ; par la chaleur, il se décompose en fournissant des produits ammoniacaux et une odeur d'acide prussique. Mais l'une de ses plus curieuses propriétés, c'est que, *quoique insipide par lui même*, il paraît communiquer à l'extrait de viande *une saveur douce et sucrée !* On retire ce principe de l'extrait de viande traité par l'alcool qui dissout les sels et l'osmazome. Ce principe reste mêlé à une matière extractive, dont on le sépare par cristallisation. L'auteur ajoute que ce principe n'existe dans la chair musculaire qu'en fort petite quantité. Cependant, comme, en réunissant de petites quantités on en fait de grandes, et que, grâce aux fonds des établissements publics, la chair musculaire ne coûte rien aux laboratoires, Chevreul aurait dû, au moins depuis l'annonce de sa découverte, et après avoir pris date, se livrer à une étude plus approfondie de ce produit. Nous sommes persuadé que l'auteur n'aura pas abandonné sa découverte à la forme d'un simple essai sans importance, qu'il aura approfondi ce sujet avec la persévérance qui le caractérise, et que c'est en conséquence qu'il n'en aura plus parlé depuis cinq ans.

1589. Quant à nous, il y aurait témérité à décider catégoriquement de ce que Chevreul a vu. Nous devons nous contenter d'indiquer aux observateurs, ce qui, dans une étude semblable, sera dans le cas de les rendre dupes d'une illusion analogue à celle à laquelle Chevreul ne nous paraît pas avoir échappé. La chair musculaire renferme en abondance du sucre, de l'albumine, de l'huile, et du sel marin plus que tout autre sel. L'alcool dissout à la fois l'huile, le sel marin, le sucre, et même une certaine quantité d'albumine. Par évaporation, il abandonnera toutes ces choses mêlées et confondues, substances incristallisables avec substances susceptibles de cristalliser. Or les premières entreront nécessairement dans les cristaux des secondes (148). Rien ne cristallise mieux dans un mélange que le sel marin ; ses cubes et ses trémies s'y forment avec autant de régularité que s'il était seul. Or, quand on agit sur de petites quantités, on ne cherche pas à l'isoler, crainte de tout perdre, et on soumet le mélange à l'analyse, sauf au raisonnement à faire la part du résultat à chacun des principes. Mais ici le raisonnement n'a vu qu'un principe dans les caractères de tous ; et certes, rien ne serait plus nouveau qu'un principe qui pourrait s'affubler ainsi des caractères de plusieurs autres. Nous ne trouvons donc, dans la substance que Chevreul nomme *créatine*, que du sel marin qui cristallise à sa manière ordinaire, mélangé à de l'huile, à du sucre et à de l'albumine, plus à des sels ammoniacaux, que la chaleur dé-

(*) *Journal de chimie médicale*, tom. VIII, p. 548.

gage ou réduit, et qui prêtent à la fumée l'odeur d'acide prussique, que nous rencontrons dans la combustion de tant de substances innocentes par elles-mêmes.

DIXIÈME ESPÈCE.

Tissu cellulaire.

1590. En suivant l'ordre du développement, nous aurions dû placer cette espèce avant toutes les autres; car toutes les autres ont commencé par elle, et n'en sont qu'une transformation; le tissu cellulaire avait par-devers lui tout ce qu'il fallait pour devenir l'analogue de l'un des autres tissus, s'il avait reçu l'impulsion qui a développé les muscles, os, ou nerfs, etc.; mais il est resté stationnaire et avec ses formes originelles, quand chaque organe autour de lui s'est accru, et a pris la direction qui le caractérise dans l'adulte; il n'est tissu cellulaire que par cette seule raison; objet de rebut pour le scalpel qui isole les grandes unités, et limite les résistances, il n'en est pas moins, aux yeux de l'analogie, la matrice des grands organes et des développements qui prennent un nom distinct. Nous avons jugé à propos d'en placer la description après celle des muscles, pour suivre la méthode qui démontre, et parce que notre esprit est habitué à remonter à la cause par l'effet, au petit par le grand, à l'invisible par le visible; aussi a-t-on vu avec quelle facilité l'étude de l'organisation du muscle nous a amené à reconnaître l'organisation du tissu cellulaire, et à constater qu'à une certaine époque, celui-ci (pl. 18, fig. 16) ne différait sous aucun rapport de celui-là (*ibid.*, fig. 15), et qu'alors ils affectaient tous les deux non-seulement la même configuration, mais encore les mêmes dimensions; et qu'enfin ils ne se distinguaient en rien du tissu cellulaire végétal, doué de la vie et suffisant à son élaboration, tel que nous l'avons décrit dans le *Nouveau système de physiologie végétale*.

1591. En conséquence, le tissu cellulaire est composé de vésicules, qui ne se développent pas plus dans un sens que dans l'autre, et dont les emboîtements successifs se prêtent à la forme sphérique. Enfin ce sont des organes qui n'engendrent et ne reproduisent leur type que par leur paroi interne, et qui par conséquent ne pouvant se mouler sur des interstices, mais seulement dans une capacité vésiculaire, ne sauraient jamais prendre la direction en longueur, et revêtir la forme cylindrique de l'élément musculaire.

1592. En disant que le tissu cellulaire est l'analogue de tous les autres tissus, mais restés à un état stationnaire, nous n'avons donné à ce dernier mot d'autre acception que celle de développement qui s'arrête à ses formes originelles, mais non celle d'organe qui cesserait d'élaborer; dans un être vivant, en effet, rien de tel ne saurait exister impunément; au sein d'un foyer aussi puissant d'élaboration, tout ce qui cesse d'agir est absorbé ou se décompose, et disparaît au profit ou au détriment des tissus voisins. Le tissu cellulaire dans le corps vivant n'est donc pas inerte, épuisé, aranéeux enfin, comme il s'offre à nos yeux, sous le tranchant du scalpel qui le déchire. Ses cellules absorbent les liquides et les élaborent en substances d'approvisionnement, qu'elles conservent ou qu'elles cèdent, selon que l'énergie s'éteint ou redouble dans les organes d'un ordre supérieur. Aussi le trouve-t-on turgescent, limpide, et d'une structure symétrique, quand il élabore à son profit; vide, plissé, aminci, et presque réduit à rien quand il a sacrifié le produit de son élaboration à l'accroissement et à l'élaboration des organes voisins; et la dissection le rencontre sous l'une ou l'autre forme, entre les organes et entre les divers emboîtements du même organe, autour des grands muscles et autour de chacune de leurs divisions intérieures, divisions qu'au besoin on pourrait considérer comme tout autant de muscles spéciaux, et agissant, pour leur compte séparé, dans la contraction qui en est la résultante générale. On rencontre le tissu cellulaire logé entre tous les embranchements des nerfs, tous les lobes des glandes; c'est lui qui remplit toutes les lacunes, et qui forme pour ainsi dire le lien général de la charpente, la trame enfin du tissu animé, et qui, contemporain de tous les organes, ou plutôt le premier en date, dans l'histoire du développement organisé, fait, de toutes les pièces que la dissection isole, une grande et harmonieuse unité, dont le développement général n'est qu'une extension et une reproduction indéfinie du dedans au dehors.

1593. Ainsi nous pouvons rencontrer le tissu cellulaire à deux états différents, ou bien épuisé de ses sucs, des produits de son élaboration, et réduit aux simples parois de ses vésicules; ou bien infiltré de sucs, et ne possédant pas une seule de ses cellules qui ne soit distendue par un liquide élaboré. La chimie démontre que, dans le plus grand nombre de cas, ce liquide n'est autre qu'une substance oléagineuse ou fluide à la température ordinaire (*huile*), ou concrète à la même température (*graisse*); alors le tissu cellulaire prend le

nom de *tissu adipeux*, dont nous avons plus haut décrit l'histoire (1486); *tissu adipeux* et *tissu cellulaire*, deux états différents et alternatifs du même tissu, simple charpente d'organes d'approvisionnement et de nutrition, analogue enfin du tissu qui, chez les végétaux, prend le nom de *périsperme*.

1594. Aussi voit-on le tissu adipeux s'enrichir par le repos des organes qu'il enveloppe; s'appauvrir, s'émacier, et se transformer en simple tissu cellulaire, lorsques ces organes redoublent d'énergie et d'exercice. L'animal qui ne se ment pas engraisse; l'animal qui s'exerce grossit; l'animal qui se fatigue maigrit. Chez le premier, les produits de la nutrition se transforment en graisse, élaborés qu'ils sont par le tissu cellulaire. Chez le second, les produits de la digestion élaborés par le tissu cellulaire en principes oléagineux, sont transformés en nouveaux tissus par les organes qui se meuvent, qui augmentent de fécondité, en recevant une nouvelle énergie, et se développent par le mouvement. Chez le troisième, l'excès d'énergie use tous les produits; l'élaboration la plus active ne peut suffire à une exorbitante consommation, et l'organe dévore, pour ainsi dire, sa propre substance. Nouvelle confirmation de l'analogie qui existe entre le rôle que joue la graisse chez les animaux (1485), et celui de l'amidon chez les végétaux (886).

1595. Nous avons vu, en parlant du tissu adipeux, que les cellules d'une même formation, en se pressant les unes contre les autres, finissent par s'agglutiner, par confondre leurs parois en une seule, et par former un tout qui paraîtrait tout aussi homogène que l'eau ou que le verre fondu, sans une circonstance qui contribue à les dessiner aux yeux, en les encadrant sur toute leur périphérie. Car les liquides nourriciers qui apportent à chaque cellule le produit qu'elle aura à élaborer, se frayent un passage, en dédoublant les parois contiguës qui tendent à s'accoler ensemble; et ce passage, réduit à sa plus simple expression, est un canal cylindrique, qui, rempli d'une substance d'une différente densité que la substance incluse dans la cellule, réfracte les rayons lumineux d'une autre manière qu'elle, et se dessine ainsi, comme au crayon, en un réseau que représente la fig. 40 de la pl. 10.

1596. De là vient qu'il est tout aussi facile d'injecter le tissu cellulaire que le tissu vasculaire, pourvu qu'on abouche l'instrument à injections avec l'un quelconque de ces petits canaux. Mais, si, au lieu de liquide, on y injecte de l'air, qu'on insuffle enfin au lieu d'injecter, il arrivera que le réseau vasculaire du tissu cellulaire, distendu par le gaz susceptible d'une grande dilatation, semblera s'être transformé lui-même en cellules, tant il se sera enflé, et tant il aura refoulé et dédoublé les cellules contiguës; et ces effets prendront des dimensions d'autant plus considérables, que le tissu cellulaire se trouvera plus épuisé, et qu'il se sera sacrifié davantage à l'accroissement des organes voisins.

1597. Or ces infiltrations peuvent se reproduire, soit artificiellement et par l'effet d'une impulsion étrangère, ou naturellement et par l'effet de l'élaboration normale ou anormale du tissu même; et l'élaboration pourra être anormale, quand une solution de continuité aura abouché le réseau avec un liquide de rebut, et mis en contact ces organes sécréteurs avec des produits de l'excrétion.

TROISIÈME ESPÈCE.

Tissu nerveux.

1598. Le système nerveux se compose essentiellement d'une masse principale, à laquelle arrivent toutes les sensations perçues à la surface extérieure de l'individu, ou sur les différentes surfaces de ses organes internes, pour s'y CONDENSER en idées et en volontés, qui viennent à leur tour réagir sur la fibre musculaire et en déterminer les contractions.

1599. Le centre nerveux élabore la pensée, comme le *foie* élabore la *bile*, comme les organes mâles élaborent la fécondation; et cette élaboration a lieu AU DÉTRIMENT DE SA PROPRE SUBSTANCE; car la méditation le fatigue et l'épuise même, comme l'excès d'activité épuise les autres glandes.

1600. Le système nerveux, ramené à sa plus simple expression, se réduit donc à une masse centrale, d'où partent des filets qui se bifurquent à l'infini, pour atteindre, de leurs ramifications innombrables, tous les points où il y a une sensation à percevoir et un organe à exciter. L'anatomie comparée nous fait connaître ensuite toutes les modifications que revêt ce type primitif, depuis le système si simple des mollusques jusqu'à celui des mammifères, et enfin jusqu'à celui de l'homme, chez lequel l'organe de la pensée semble être arrivé au *summum* de son développement.

§ I. *Structure intime des nerfs.*

1601. Les filets nerveux sont des cordons d'une blancheur éclatante, parce que peu de vaisseaux

s'introduisent à travers leur enveloppe ou dans leur tissu. Ils s'amoindrissent, en se bifurquant, jusqu'à n'avoir plus à l'œil nu que le diamètre d'un poil.

1602. Quelques anatomistes anciens, et, dans ces derniers temps, Bogros, avaient cru constater que les nerfs étaient canaliculés, à l'instar des vaisseaux (*). Ce dernier auteur avait appuyé son opinion sur une multitude de préparations, que nous avons eues entre les mains, et dont quelques-unes, il faut l'avouer, étaient bien propres à faire adopter ce système aux anatomistes qui, dans ces sortes de recherches, n'auraient voulu avoir recours qu'aux injections étudiées à l'œil nu, ou aux dissections grossières du scalpel.

1603. Cependant, même en se bornant à ces deux espèces d'investigations, on opposait à Bogros que les nerfs ne peuvent jamais être injectés vers leur origine ; que l'injection ne réussit que là où le nerf est pourvu d'un névrilème fibreux, et que, par conséquent, le mercure injecté, bien loin de se glisser dans la longueur d'un canal central, ne faisait que courir, à l'insu de l'anatomiste, entre le cordon nerveux et son névrilème, ou bien dans les vaisseaux qui se rencontrent, ainsi que nous le verrons plus bas, dans les interstices des divers cordons d'un nerf. Mais on aurait pu répondre à cette objection que l'injection n'arrivait pas, sous une forme régulière, à la racine des nerfs, parce que là les parois du canal étaient trop peu consistantes, et cédaient trop facilement aux efforts du mercure; du reste, nous avons eu de petits filets injectés par Bogros; vus, même au microscope, il devenait incontestable que le mercure s'était formé un passage dans le centre de la substance nerveuse. Mais cette circonstance ne militait pas plus en faveur de l'opinion de Bogros que les objections de ses adversaires ne militaient contre elle. Car est-il nécessaire de supposer l'existence d'un canal organisé partout où le mercure se fait jour ? Ne sait-on pas que, par sa propre pesanteur, il peut traverser des membranes assez fortes? Or, ici, l'injection se faisait sous le poids de deux atmosphères. Il fallait donc recourir de part et d'autre à d'autres procédés ; et c'est ce que nous avons fait avec assez de persévérance et de succès.

1604. J'ai exposé à une dessiccation spontanée, sur une plaque vernie ou sur une feuille de verre, de gros nerfs, tels que le médian du bras de l'homme et des ramifications du grand sympathique; et, à l'aide d'une lame de rasoir, j'ai obtenu des tranches, dont l'épaisseur dépassait à peine un dixième de millimètre, et en assez grand nombre, pour qu'en les plaçant à la suite les unes des autres, à l'instant même où je les obtenais, il me fût possible de me faire une idée exacte de la marche que chaque tronc nerveux suivait dans la substance du cordon nerveux. Or, dans le cas où un tronc nerveux eût été organiquement canaliculé, il est évident que ce canal eût offert, par la coupe transversale d'une lame aussi mince, une configuration susceptible d'être saisie au moyen des verres grossissants. On aurait pu objecter que ce canal, par ce procédé, pouvait échapper à l'observation, ses parois s'étant agglutinées par la dessiccation. Mais, même dans cette dernière hypothèse, on eût toujours trouvé des traces de cet organe ; une ligne plus noire en eût marqué la place. D'un autre côté, toutes les fois que la dessiccation n'a pas été accompagnée d'un commencement de décomposition, les tissus desséchés n'ont besoin que d'être humectés d'une goutte d'eau, pour reprendre leurs premières dimensions et leurs premières formes.

1605. Or, en humectant les tranches obtenues au moyen du rasoir, il n'est plus permis à celui qui les observe au microscope, de penser que le moindre canal existe dans l'intérieur des troncs nerveux ; leur structure se présente avec une homogénéité parfaite, et sans la moindre solution de continuité. L'action de l'alcool et celle de l'acide nitrique ne démentent nullement cette pensée; et pourtant, par suite du retrait que ces réactifs opèrent, le canal, supposé devrait se rouvrir. Enfin j'ai tiraillé en tous sens le tissu observé, sans jamais pouvoir rendre béante la moindre ouverture; et la traction était assez forte, pour détacher les cordons nerveux des tissus membraneux qui les enveloppent.

1606. La planche 14 représente, dans ses modifications accessoires, la structure intime des nerfs au grossissement de 100 diamètres. La figure 3 offre une tranche d'une fibrille nerveuse du grand sympathique; cette fibrille se compose d'un seul cordon entouré de la membrane qu'on est convenu d'appeler névrilème. La figure 2 offre une des nombreuses tranches du nerf médian du bras, que j'ai observées et dessinées avec le plus grand soin. Ce nerf se compose, comme on le voit, de plusieurs troncs (*c*) séparés entre eux par un tissu cellulaire lâche (*b*) qui sert à chacun d'eux de *névrilème*, le tout enveloppé dans un *névrilème* commun (*d*) ; on remarque un vaisseau (*a*) qui s'est insinué dans le tissu cellulaire. Plus on s'éloigne de l'origine du nerf médian, et plus le

(*) Voyez *Report. général d'anatomie*, tom. IV

nombre de ces troncs nerveux augmente ; car, dans l'intérieur du névrilème commun, ils se bifurquent, tout aussi bien qu'au sortir de cette gaine (*). La figure 4 appartient à un ganglion du grand sympathique. Ici les divers troncs nerveux (*c*), qu'enveloppe un névrilème commun (*d*), semblent s'emboîter à demi les uns dans les autres; de nombreux vaisseaux sanguins (*a*) s'anastomosent dans le tissu cellulaire commun ; mais aucun d'eux ne pénètre jamais dans la substance même du tronc nerveux ; ils ne se glissent jamais que dans les interstices cellulaires qui les séparent entre eux (*b*). J'ai dû dessiner ces tranches, telles qu'elles se présentaient à moi au microscope, afin de ne rien laisser à l'arbitraire de l'imagination ; mais on doit observer que leurs contours sont ici déformés par la dessiccation; à l'état naturel ils n'affectent jamais ces formes anguleuses, chaque cordon nerveux conservant la forme plus ou moins cylindroïde, d'où leur est venue leur dénomination.

Il résulte évidemment, de toutes ces observations, que les nerfs sont imperforés, et que les canaux, par lesquels circule le fluide qui alimenta la pensée et détermine la volonté, ne sont pas abordables à nos moyens, même les plus délicats, de dissection.

1607. Nous venons de reconnaître l'aspect que présente au microscope une tranche transversale de nerf; il nous reste à étudier sa structure en longueur. On serait tenté de considérer toutes ces granulations arrondies, dont se composent les troncs nerveux des figures 2, 3, 4 de la pl. 14, comme les orifices de tout autant de tubes, qui seraient alors d'une petitesse extrême; mais cette configuration pourrait bien n'être qu'un effet de la réfraction de la lumière vive et même solaire, avec laquelle j'éclairais l'objet pour mieux le dessiner ; car, observés de cette manière, tous les tissus organiques se montrent également granulés. Le moyen suivant conduit, sous ce rapport, à un résultat plus positif. On serre d'une main un tronc nerveux simple (*c*, fig. 2), et de l'autre on pince avec la lame du scalpel, les bords de la section de ce tronc, et l'on tire à soi ; on obtient ainsi des lames qui, placées au foyer du microscope, présentent une agrégation de tubes (*bb*, fig. 1) soudés entre eux côte à côte, et enveloppés de la membrane (*a*) dont nous avons déjà parlé. Chacun de ces cylindres affecte chez l'homme environ $\frac{1}{50}$ de millimètre en largeur, et se rapproche ainsi par son diamètre des cylindres musculaires. On remarque encore que ces cylindres sont pleins d'une substance dont le pouvoir réfringent ne diffère pas de celui de ses parois.

1608. Ainsi, à partir de leur origine, les nerfs se ramifient de dichotomies en dichotomies. Si ces dichotomies sont forcées de suivre leur direction, dans la capacité d'un long interstice tubulaire, elles s'y pressernnt comme dans une unité de même nom; et par une tranche transversale, on obtiendra la disposition que représentent les fig. 2, 4, de la pl. 14. Mais dès qu'une de ces subdivisions trouvera une issue latérale, elle se glissera entre deux organes contigus, et si ses dichotomies rencontrent les mêmes passages, elles continueront à se séparer et à se bifurquer, jusqu'à ce qu'enfin les dernières en formation se rencontrent sur la limite de l'enveloppe générale de l'individu, et s'arrêtent là pour se mettre en rapport avec l'air extérieur.

1609. Or, quand on cherche à faire passer le scalpel d'un tronc nerveux dans le rameau auquel il donne naissance, on éprouve une résistance analogue à celle que les entre-nœuds végétaux opposent à l'instrument tranchant. Quand on parvient jusqu'à l'extrémité d'un rameau, ce qui ne saurait se faire avec certitude que dans l'embryon ou les plus jeunes sujets, on en trouve l'extrémité arrondie et imperforée. Combinons par la pensée ces deux données, et prenons ce tout, à l'époque à laquelle les deux extrémités étaient assez rapprochées, pour ne pas déborder le champ visuel du microscope; ce long rameau délié sera alors un tubercule ou plutôt un organe vésiculaire, une vésicule imperforée pleine du tissu qu'elle aura élaboré dans son sein, et qui est destiné à continuer le développement et le type; en sorte qu'à une certaine époque, tous les rameaux secondaires auraient pu être surpris aux dimensions de simples cellules, disséminées avec un certain ordre, sur la surface du tronc principal. Or c'est ce que l'observation directe démontre, à l'âge où tout commence et où le développement devance et prépare la sensation et le mouvement. La fig. 5, pl. 14, représente un filet nerveux de l'ischiatique, pris sur un fœtus de veau qui avait en longueur 15 centimètres seulement. Ce filet n'avait qu'un douzième environ de millimètre en diamètre.

(*) Le nerf optique du bœuf, qui atteint 3 millimètres de diamètre, renferme une prodigieuse quantité de ces troncs nerveux, enveloppés par un névrilème commun épais et parsemé (fig. 19, pl. 2).

La surface, comme on le voit, en est tapissée de vésicules transparentes (α), de tubercules diaphanes, dans lesquels l'analogie indique tout autant de *gemmes* ou *bourgeons* de rameaux futurs ; quant au tissu spécial du filet, on le voit réticulé, comme tout tissu composé de vésicules qui s'allongent ; et il est facile d'admettre que, si cette portion de filet nerveux se trouvait réduite à la moitié de sa longueur seulement, les vésicules transparentes et isolées (α) se trouveraient alors rapprochées et agglutinées, et apparaîtraient à l'œil, avec l'aspect du réseau sur lequel, à l'âge où nous observons ce nerf, elles sont comme implantées.

1610. Chaque rameau nerveux est donc organisé et se développe exactement de la même manière qu'un rameau végétal. C'est un entre-nœud, une vesicule allongée, qui a pris naissance sur la périphérie du rameau maternel, et qui y reste implanté par la base, articulé par l'agglutination de sa surface, comme la greffe sur le sujet. L'articulation des deux rameaux, c'est l'organe que l'anatomie désigne sous le nom de ganglion, quand les dimensions en sont telles que l'on peut les saisir à l'œil nu. C'est un *nœud végétal ;* c'est l'empâtement du rameau secondaire sur le rameau maternel. C'est un nouveau centre de vitalité, analogue en tout point à ceux qui le précèdent en date, qui n'en diffère que par des moindres proportions, et partant par une plus jeune énergie et une moindre élaboration.

1611. Continuons à suivre la marche de la reproduction indéfinie de ces dichotomies ; arrivons à la limite où elles s'arrêtent, et partant où elles se pressent, faute de trouver un milieu, pour continuer à se développer en longueur ; et là l'appareil nerveux nous offrira une vaste houppe de fibrilles, si par la macération nous pouvons l'isoler du tissu cellulaire qui les enveloppe, ou bien une surface pavée de papilles innombrables, dont chacune sera l'extrémité arrondie et imperforée d'une fibrille, son extrémité arrivée au contact de l'air extérieur.

1612. Dans la nature, les analogies se soutiennent sous toutes les faces, et ne se démentent par aucun bout, quand elles ont été établies sur des bases rationnelles. En conséquence si le rameau nerveux est empâté, comme la nervure et le rameau végétal, sur le rameau maternel, il est permis d'admettre que ce rapprochement intime aura lieu, toutes les fois que tes surfaces analogues pourront être mises en contact, artificiellement ou naturellement, c'est-à-dire que les sommités pourront se greffer entre elles comme elles s'empâtent, et que partout, lorsque deux sommités de fibrilles se rencontreront face à face, elles formeront, en s'accolant, une anastomose, un cercle continu enfin, au lieu d'une bifurcation.

1613. Mais chacune de ces fibrilles microscopiques, observée plongée dans la lame d'un tissu non décomposé, ne se distinguera en aucune manière, à l'œil armé du plus puissant microscope ; car, réduite à ces dimensions, son pouvoir réfringent ne diffère pas de celui des autres tissus (377), et même de celui des liquides ambiants. A plus forte raison, ces fibrilles, pressées les unes contre les autres, se confondront de manière à présenter, à la réfraction, une lame homogène et comme une simple membrane sans accident. L'élément nerveux peut donc s'offrir à l'investigation, dans une circonstance telle, qu'il se noie, pour ainsi dire, dans ce qui l'environne, et ne fournisse aucun indice de sa présence, aucun de ses caractères distinctifs. Il serait donc absurde de prononcer qu'un organe, qu'un animal ne possède pas de nerfs, parce que l'on ne découvre à l'œil rien qui ressemble à une fibrille nerveuse ; c'est à l'analogie à les indiquer, là où ils sont inaperceptibles ; or, l'expérience ayant démontré que chez les grands animaux, les nerfs sont les conducteurs de la sensibilité et de l'impulsion locomotive, là où nous surprendrons mouvements spontanés et sensibilité, là doivent exister des nerfs ; de même que, partout où nous surprendrons une contraction musculaire, là nous devrons prononcer qu'il existe un organe analogue aux muscles des grands animaux. Et le muscle, réduit, comme le nerf, à sa plus simple expression (1564), n'est plus qu'une vésicule allongée, qu'une fibre élémentaire, que l'œil aurait alors de la peine à distinguer des tissus ambiants.

§ II. *Organisation de la masse cérébrale.*

1614. Nous venons de suivre les dichotomies de l'appareil nerveux, à partir de son origine jusqu'aux limites qui séparent le corps vivant de l'air extérieur. Si nous remontons de dichotomie en dichotomie, nous arriverons à un point unique, qui est le premier nœud vital en date, la première matrice de tout ce développement, le germe de ce grand arbre, le réservoir de toutes les végétations qui ont pu trouver une issue au dehors, et se développer sans obstacle. Mais supposons que certains de ces germes secondaires, au lieu de pouvoir continuer librement leur marche dichoto-

mique jusqu'aux surfaces extérieures du corps, se trouvent, à une certaine distance, arrêtés par un obstacle invincible, et se logent dans une cavité imperforée au dehors ; là se pressant, faute de pouvoir s'étendre, grossissant faute de pouvoir s'allonger, s'aplatissant par la compression, se contournant, et s'enlaçant pour ainsi dire faute d'espace, elles formeront tôt ou tard une masse générale, dont le relief sera la contre-épreuve de la cavité, contre laquelle elle se sera moulée, et dont la périphérie, au lieu de présenter les papilles arrondies, que formrnt les extrémités nerveuses arrivées au contact de l'air, offrira des circonvolutions pour ainsi dire intestinales ; chacune de ces circonvolutions sera le relief d'un grand tobe nerveux ; la masse totale sera, sous le rapport de la structure anatomique, l'analogue des grandes loupes ligneuses dont nous avons déjà parlé (1216). Ce sera la masse cérébrale des animaux vertébrés ; masse de lobes nerveux, qui, au lieu de se développer dans les interstices des organes, auront été forcés de vivre et grossir dans la capacité d'une boîte osseuse, de la cavité crânienne. Et de cette position résulte toute une destination nouvelle, et une différence immense entre les lobes emprisonnés et les lobes libres et ramifiés. Ceux-ci, en effet, parviennent à se mettre en rapport avec les objets extérieurs ; les autres, isolés du monde extérieur, séparés, par une barrière infranchissable, de l'océan atmosphérique dans lequel nous vivons plongés, ne peuvent élaborer d'autres sensations que celles qui leur viennent des nerfs libres et ramifiés ; impuissants à recevoir des impressions et des images, ils ne sont aptes qu'à reproduire des perceptions, à élaborer la pensée, à rendre la volonté aux nerfs, en échange des sensations qu'ils en reçoivent ; et c'est ce que nous indiquent hautement, dès la plus tendre enfance, notre sens intime, ainsi que nos gestes et nos mouvements automatiques.

1615. La substance dont cet organe sacré se compose est tellement pultacée, et tellement homogène, qu'il est bien difficile d'en représenter graphiquement l'organisation. Cependant son organisation est incontestable. Car si les grands lobes qui la divisent n'étaient que de grandes vésicules distendues par une substance inorganisée, il s'ensuivrait que, par un mouvement de bascule, on pourrait ramener en bas ce qui était en haut, et confondre successivement toutes les molécules ; il s'ensuivrait encore que la surface des lobes n'offrirait d'autre inégalité, d'autres bosselures que celles que l'application des surfaces ambiantes y déterminerait, qu'enfin ces bosselures ne seraient que des empreintes, qui s'effaceraient d'elles-mêmes, une fois que l'organe serait soustrait au contact des corps voisins. Or on observe invariablement tout le contraire. Car on a beau renverser, dans tous les sens, la masse cérébrale, on ne parvient jamais à déplacer, à mêler ensemble la substance grise et la substance médullaire des lobes cérébraux ; on a beau les abandonner à la tension des substances qu'ils renferment, loin du contact des parois du crâne, on n'efface jamais ces élégantes circonvolutions qu'on remarque à leur surface. Du reste, ces circonvolutions affectent des directions et des nombres presque constants, chez quelque individu qu'on les observe ; et les parois internes du crâne n'offrent pas la moindre empreinte capable de déterminer, sur un organe mou, de semblables configurations. Ceci est encore plus évident sur le lobe du cervelet, où les stries extérieures correspondent à tout autant de couches, qu'on parvient presque à isoler complétement les unes des autres.

1616. Les circonvolutions qu'on observe à la surface des lobes cérébraux indiquent donc la partie saillante de tout autant de cellules, qui à leur tour peuvent être composées de cellules nées dans le sein des unes et des autres (1486, 1563) à l'infini ; en sorte que, si toutes ces grandes cellules cérébrales étaient séparées par un tissu cellulaire assez lâche pour être transparent, on obtiendrait, par des tranches transversales, la configuration des troncs nerveux qui s'enveloppent à demi dans l'intérieur d'un ganglion (pl. 14, fig. 4) (1606). Seulement ici chacune de ces grandes cellules cérébrales doit partir d'un centre commun d'organisation, et elles ne doivent point être des rameaux détachés çà et là d'un tronc principal. Car aucune d'elles n'est destinée à recueillir, comme le font les extrémités nerveuses, les impressions du dehors ; elles n'ont d'autre destination que de les élaborer.

1617. Qu'arrivera-t-il donc, lorsqu'on pratiquera des coupes verticales, dans la substance du cerveau, au moyen d'un instrument tranchant ? En admettant que cet organe soit composé de grands emboîtements appliqués intimement les uns contre les autres, parois contre parois, il est évident que les parois se dessinant de profil sur chacune de ces tranches, joueront le rôle de filaments convergents au point d'insertion et divergents au sommet, et suivant une courbe pour venir redescendre du côté opposé ; or, comme chaque grande cellule offrira le même profil, il

s'ensuivra qu'au point de contact commun, on aura sous les yeux la figure d'une gerbe aplatie, et de l'une de ces configurations ronceuses, que l'ébénisteria recherche dans les bois de placage (1216). Supposez un bâtiment rempli de décombres et de terrains de remblai; la carcasse une fois enlevée, les cloisons des diverses pièces ne se présenteront à l'œil que comme des linéaments, vu que de cette manière on ne pourra jamais les observer que de profil; mais il n'en sera plus de même, lorsque les décombres auront été déblayés, et que chaque pièce aura été remise à vide. Alors il deviendra évident que ces lignes appartenaient à des surfaces, que ces surfaces formaient des cloisons et limitaient une capacité cellulaire. Il en sera de même, passez-nous la naïveté de la comparaison, il en sera de même de l'organe cérébral, lorsqu'on l'aura épuisé par les menstrues, tels que l'huile d'olive, l'éther, l'alcool, les alcalis, de toutes les substances qu'il est en état de contenir dans ses tissus. On s'assurera alors que les fibrilles rameuses que l'on avait remarquées sur les tranches de l'organe, étaient le profil de tout autant de cloisons membraneuses, qui formaient auparavant la vésicule imperforée de l'un des lobes et de l'une des fractions emboîtées du lobe, dont le relief se dessinait, sous les méninges, par une circonvolution. Non pas qu'entre ces grandes cloisons contiguës de deux lobes voisins, il ne se forme d'autres lobes interstitiaux, et qui, prenant plus de développement en longueur qu'en largeur, affectent les dimensions d'un organe fibrillaire et vasculaire, et ajoutent encore à l'effet de l'image que donne le profil des cloisons; mais enfin ce résultat secondaire ne fait que confirmer, en le supposant, le résultat principal; car pour que ces organes fibrillaires se dirigent parallèlement et en faisceaux, dans le sens de l'une plutôt que de l'autre des dimensions, il faut bien qu'ils n'aient pour se développer que l'interstice de deux organes parallèles; sans cela ils devraient se feutrer dans tous les sens.

1618. L'exemple suivant nous familiarisera avec ces idées, bien mieux que ne pourraient le faire les plus longs raisonnements. Si l'on demandait à l'anatomiste le plus habile, de déterminer la nature de l'organe que représente la fig. 1, pl. 18, je doute qu'il n'y vît point l'un des grands lobes de l'organe cérébral d'un vertébré de petit calibre, tant la forme et la couleur lavée de purpurin militent en faveur de l'illusion; tant les circonvolutions, qui en sillonnent la surface, offrent d'analogie avec les circonvolutions de la masse cérébrale des animaux supérieurs; si l'on coupe verticalement ce petit organe, avec un instrument bien effilé, la tranche offre les mêmes arborisations, les mêmes gerbes fibrillaires que les tranches d'un cerveau ordinaire. Or cette figure appartient à l'un des grands lobes (α) de la glande lacrymale du lapin, glande que la figure 2 représente à peu près de grandeur naturelle; la figure première est grossie huit fois. Eh bien, pour détacher ce lobe (α), on enlève une membrane transparente et pellieuleuse, qui recouvre toute la glande, et maintient chacun de ses lobes en position. Le lobe (α, fig. 1) se partage, à son tour, en trois autres lobes, qu'il est tout aussi facile d'isoler, en déchirant la membrane commune, dans le sein de laquelle ils ont pris naissance. Si on aborde ensuite la dissection de chacun de ces lobes de troisième formation, on parvient à isoler à leur tour, en tout autant de lobes distincts, les circonvolutions, dont le relief fait l'ornement de la surface, et l'on ne doute plus alors que chacune de ces circonvolutions ne soit un corps aussi vésiculaire que le grand lobe, sur la paroi duquel elle s'insère, vésicule que la compression de ses congénères a aplatie et contournée, vu que, dans leur développement, elles se trouvaient toutes trop à l'étroit. La structure vésiculaire et par emboîtements du cerveau ne pouvait rencontrer une plus frappante analogie.

1619. Si telle est la structure et l'origine du cerveau, si chacun de ses lobes et lobules doit être considéré comme un rameau nerveux forcé de se développer dans une capacité close et étroite, de se refouler sur lui-même, de multiplier enfin ses emboîtements, dans l'impossibilité où il est de multiplier ses ramifications; si (car enfin, en fait de structure, il n'y a rien de si éloigné en apparence que l'analogie n'ait droit de rapprocher), le cerveau s'est organisé par les mêmes lois que la loupe végétale (1216), il s'ensuivra que partout où les ramuscules nerveux seront arrêtés dans leur développement en longueur, par une capacité close, là déposant leur élaboration à grossir, faute de pouvoir s'allonger, là se comprimant en différents sens et à un degré différent d'énergie, ils finiront par offrir à l'œil un diminutif de l'organe cérébral; ces masses agglomérées formeront alors une unité ganglionnaire, un nouveau centre d'élaboration nerveuse et vitale, laquelle, chez certains animaux, comme l'entre-nœud chez certains végétaux, sera susceptible de vivre indépendante, de devenir individu à son tour, et de se séparer du tout, pour se suffire à

elle-même et reproduire son espèce, en continuant son développement.

1620. Il serait absurde de supposer que ces grandes cellules cérébrales fussent une superfétation, un inutile accessoire de l'organe de la pensée; que la nature, qui s'est montrée si avare d'inutilités, dans les organes les plus indifférents à la vie, eût chargé d'un inutile fardeau le foyer subtil de l'imagination et de la volonté. Si ces masses ne concouraient pas à la création de la pensée, elles l'étoufferaient; leur compression nous rendrait stupides. Nous ne faisons qu'indiquer ici cette idée, sur laquelle nous reviendrons, en nous occupant plus spécialement de la pensée, dans la cinquième partie de cet ouvrage.

1621. Le rameau nerveux, avons-nous dit, est, en dernière analyse, organisé comme l'élément musculaire. C'est une cellule qui s'allonge et produit d'autres cellules par ses deux parois, l'interne et l'externe. La cellule nerveuse doit donc, à son tour, renfermer les spires que nous avons rencontrées dans le cylindre musculaire; mais, jusqu'à présent, le hasard ne m'a pas fourni l'occasion de confirmer cette analogie, incontestable à mes yeux, par l'observation directe. Le nerf diffère sous ce rapport du muscle, en ce que celui-ci se développe dans une capacité close, dans une aponévrose générale, tandis que le nerf, se développant dans les interstices de tous les grands organes cellulaires, se bifurque à l'infini ou s'anastomose à tous les points de rencontre, et ne s'arrête, dans cette reproduction dichotomique, que sur les limites qui séparent l'être vivant du monde extérieur. C'est là que les nerfs reçoivent les impressions.

1622. Les impressions sont des influences du milieu ambiant, influences qui s'exercent au contact, et dont les effets varient suivant la structure de l'organe nerveux qui les subit et les recueille; cet organe se nomme *sens*, et l'impression qui lui est spéciale se nomme *sensation*. Toute fibrille nerveuse qui arrive jusqu'à la surface externe du corps ou d'un organe interne, est un sens dans toute la latitude du mot, et transmet, au centre de la perception, une impression spéciale qui résulte de la spécialité de sa structure. Mais il serait impossible à la mémoire la plus vaste d'assigner un caractère distinctif à chacune de ces innombrables spécialités; ce sont des nuances que notre esprit a groupées, par ordre d'analogie, sous un petit nombre de dénominations. Nous comptons donc cinq genres de sensations: le toucher, la saveur, l'odorat, l'ouïe, et la vue, et cinq sens différents destinés à les percevoir. Nous allons décrire et la structure et l'analogie de nos sens dans tout autant de paragraphes séparés.

1° *Toucher ou organe du tact.*

1623. Tout rameau nerveux qui n'appartient ni à l'organe de l'ouïe, ni à celui de la vue, ni à celui de l'odorat, ni à celui du goût, une fois arrivé à la superficie du corps, s'organise en organe du tact; et comme les dichotomies nerveuses se multiplient sans fin, il s'ensuit qu'il n'est pas un seul point de la surface du corps où ne se trouve une extrémité nerveuse, une papille susceptible de recevoir l'impression la plus circonscrite. La périphérie du corps vivant est un vaste réseau d'organes papillaires, qui nous mettent en communication constante et immédiate, avec toutes les molécules les plus minimes des corps et des milieux ambiants.

1624. Mais, par la même raison, il doit exister un âge où le toucher est moins étendu, et les sensations qui lui sont spéciales plus incertaines, où l'être enfin doit être fort peu en communication avec le monde extérieur par ce genre d'organes; car il doit exister une époque où aucune fibrille nerveuse n'est encore arrivée à la surface, et une époque où quelques fibrilles nerveuses seulement ont poussé leur développement dichotomique, jusqu'à la périphérie du corps; cette époque coïncide avec les premiers instants de la vie embryonnaire. Dans le premier cas, l'animal croît, mais il est par ce côté tout à fait insensible; il devient de plus en plus sensible, à mesure qu'un plus grand nombre de dichotomies nerveuses sont parvenues aux limites de son corps; sa sensibilité est extrême, quand il n'est pas un point de sa surface qui ne soit perforé par une extrémité arrondie d'un rameau nerveux.

1625. La sensibilité se perd sans retour par la raison contraire à celle qui est la cause de son développement; par la paralysie des dichotomies, qui pullulaient sur une surface; elle est suspendue, toutes les fois qu'entre le duvet nerveux et le milieu ambiant, s'interpose une couche inerte et isolante, une couche de graisse, par exemple, qui écarte et déborde les papilles, ou une couche de cellules épidermiques durcie par le frottement, un calus désorganisé qui ait transformé, pour ainsi dire, les papilles et le réseau épidermique en tout autant d'écailles cornées; dès ce moment, les papilles du tact ne reçoivent plus que des indi-

cations lointaines, des impressions vagues et lentes à se manifester; elles sont plutôt averties que réveillées par la présence des corps étrangers. Le tact s'émousse par le travail et l'exercice, qui usent, par le soleil, qui dessèche; il acquiert une exquise sensibilité par l'oisiveté, qui ramollit, et par l'obscurité, qui étiole. Il se façonne à l'une ou l'autre habitude; mais le passage brusque de l'une à l'autre le désorganise et le tourmente; l'organe du tact est alors une torture, et l'impression est une douleur. De là vient que toute papille nerveuse qui est plongée dans l'obscurité d'un tissu charnu devient un organe de souffrance, quand le tissu s'entr'ouvre à la lumière et au contact immédiat de l'air; le bistouri enrichit le *moi* d'un nouvel organe, de l'organe de la douleur, sentinelle plus vigilante, plus active et plus prompte que toutes les autres, et qui transmet à l'âme, avec la rapidité de l'éclair, l'annonce d'une désorganisation intestine, ou d'un déchirement artificiel. Car l'extrémité nerveuse reçoit alors une impression, à laquelle elle ne s'était pas façonnée de longue main.

1626. On concevra maintenant avec la plus grande facilité par quel mécanisme le tact nous avertit de la forme des corps, des caractères de la surface et de leur température. La surface de la peau ne saurait se mouler sur la surface du corps, sans que les papilles soient plus refoulées les unes que les autres, sans qu'elles supportent une compression plus forte les unes que les autres, et partant qu'elles souffrent plus les unes que les autres. Cette dégradation, émanée de la compression, nous donne la contre-épreuve de la péripbéria du corps. Les caractères de surface, c'est-à-dire la dureté, la mollesse, l'âpreté ou le poli, ne sont, en définitive, que des caractères de périphérie réduits à leurs éléments microscopiques. J'aurai l'impression de l'âpreté, quand, en appliquant un corps sur une portion de la peau, il se trouvera que les unes des papilles nerveuses seront impressionnées, et que les autres ne donneront aucune indication; j'aurai même alors l'impression de la régularité et de la symétrie, selon laquelle ces aspérités seront rangées à la surface du corps étranger, car les papilles nerveuses sont rangées à la surface de notre corps, avec la régularité que suivent les organes d'un même calibre, qui se pressent, sans lacune, les uns contre les autres. Si toutes les papilles sans exception de la surface de la peau, qui se trouve appliquée contre la surface du corps étranger, me donnent à la fois le même genre d'impression, toutes sans exception aucune, ce sera un indice que la surface est lisse et polie. Or les papilles sensibles ne sauraient se trouver en contact avec une surface ambiante, sans qu'il y ait échange de calorique entre les deux; de là le sentiment de froid et de chaleur; et cette communication ayant lieu aux points de contact, le sentiment de froid et de chaud servira à son tour à nous indiquer, d'une manière graphique, les accidents de surface.

1627. Il suffit de laisser macérer un fragment de peau fraîche du corps humain dans l'eau un certain temps, pour isoler jusqu'aux petits ramuscules nerveux, et pour diviser la membrane en tout autant de houppes fibrillaires, qu'il était arrivé là de troncs nerveux (*). Mais sur la surface non encore décomposée, il serait difficile, au meilleur microscope, de surprendre le plus léger indice de cette organisation, tant la papille nerveuse se confond, par son aspect et sa consistance, avec le réseau, dans les mailles duquel elle se glisse, et tant la surface offre un tissu homogène, quoique composé d'éléments si divers. A la loupe (pl. 18, fig. 7), on la trouve sillonnée en creux par un réseau de triangles, au sommet desquels se trouve çà et là un enfoncement, d'où sort un poil ou un cheveu. Au microscope composé et par réflexion (566), chaque triangle se subdivise, jusqu'aux limites du pouvoir amplifiant, en d'autres compartiments quadrangulaires, quinquangulaires ou triangulaires, qui font souvent l'effet de petites écailles furfuracées, à cause et du chatoiement de la lumière, sur la surface de chacun de ces petits compartiments, et de l'ombre, dans laquelle chaque rigole de circonscription se trouve plongée. Par réfraction, et aux grossissements les plus exagérés, on trouve la membrane comme criblée de pores, si on l'a assez amincie, pour qu'elle se prête à ce genre d'observation; car le réseau de la peau n'a pas le même pouvoir réfringent que les ramuscules nerveux qui le traversent;

(*) « On a beaucoup parlé, dit Magendie, des extrémités ou *papilles nerveuses*, on en parle même encore dans les explications physiologiques; mais tout ce qu'on a dit sous ce rapport est purement imaginaire. Il est facile de démontrer que les corps qui ont été et qui sont encore nommés *papilles nerveuses*, n'en sont pas. » Cela est bref et tranchant, comme on le voit; mais cela ne prouve qu'une chose; c'est que le savant physiologiste n'est pas difficile sur la nature des démonstrations, et ne pousse pas fort loin ses recherches. Ce n'est pas avec l'impatience du scalpel qu'on peut poursuivre l'élément nerveux, jusqu'à ses dernières fibrilles; c'est au moyen d'une lente macération, qui isole ces fibrilles, en décomposant tous les tissus, dans lesquels elles s'étaient immiscées, pour arriver jusqu'à la peau. L'anatomie du xviie siècle a mieux observé sur ce point que le professeur académique du xixe.

la section de ces ramuscules est plus transparente que le réseau ; elle laisse passer toute la quantité de lumière que la substance du réseau arrête au passage ; et de cette manière, tous ces points transparents apparaissent, comme tout autant de trous réguliers.

1628. Cependant, lorsqu'on transporte l'observation sur la surface palmaire ou plantaire du corps humain, lorsqu'on examine à la loupe la surface de la paume de la main ou de la plante du pied, on rencontre une structure toute différente (*). Il suffit en effet d'examiner attentivement et à l'œil nu la surface de la paume de la main, ainsi que celle des doigts, surtout à leur extrémité, pour distinguer des milliers de stries ondoyantes et parallèles, qui serpentent et se contournent en spirales avec la plus élégante régularité, et dont le travail enfin rappelle presque celui que les orfévres désignent sous le nom de *guillochage*. A la loupe (pl. 18, fig. 5), on s'aperçoit que cet effet est produit par de longues et étroites circonvolutions en relief, dont les plus internes reviennent tout à coup sur elles-mêmes, et ne sont plus séparées entre elles que par un sillon. Chacune de ces circonvolutions offre à sa surface une longue rangée de petits creux, fort peu profonds, mais également espacés, que la fig. 6 *a* représente plus grossis sur un fragment isolé de la circonvolution qui les supporte. Nulle part, sur toute la périphérie du corps humain, on ne rencontre un travail semblable ; cette structure est exclusivement affectée aux surfaces palmaire et plantaire.

Quelle est la nature de ces organes, c'est-à-dire quelle est leur fonction spéciale ?

1629. Eichhorn (**) avait voulu démontrer que ce sont là les organes destinés à transmettre la transsudation au dehors, que ce sont là les pores de la sueur. Mais l'auteur n'avait pas assez mûrement pesé cette pensée ; car la sueur s'exhale par toute la surface du corps ; or, nulle part ailleurs, on ne saurait découvrir rien qui ressemble à la structure de ces prétendus pores. Si donc la sueur n'avait pas d'autre route à suivre pour arriver au dehors, nous ne devrions transpirer que par la paume des mains et la plante des pieds.

1630. Du reste, si la nature avait besoin de pores d'un pareil calibre, pour laisser passer la sueur, il faut avouer que la peau humaine ne serait qu'un crible capable de donner passage à la poussière comme à la sueur, aux impuretés les plus grossières autant qu'à l'eau la plus limpide. Enfin, avec quelque soin qu'on examine ces petits enfoncements au microscope composé, on n'y découvre pas la moindre perforation qui soit capable de les constituer pores ; la surface en offre un tissu tout aussi continu que la surface de toute la peau humaine, sur quelque point du corps qu'on la prenne. Les pores réels de la sueur sont inabordables à nos moyens actuels d'observation, tout autant que les pores de toutes les membranes animales.

1631. Il est donc nécessaire d'avoir recours à d'autres analogies, pour arriver à la détermination de la fonction spéciale de ces petits enfoncements.

1632. La surface de la paume de la main ne nous sert pas seulement à palper les objets, mais encore à les appréhender. Il faut en dire autant de la surface plantaire, quoiqu'elle ait perdu en grande partie, par le frottement de la marche, cette qualité que possède la main à un degré d'autant supérieur qu'elle est moins durcie par les travaux mécaniques. Or si nous examinons, sous l'influence de cette donnée, les organes d'appréhension des animaux d'un ordre inférieur, il sera peut-être possible de trouver l'analogie de ces petits organes. Arrêtons-nous à l'étude de l'*octopus granulatus*, l'un de ces céphalopodes de la mer, dont l'orifice buccal est bordé de prolongements, qui s'attachent à la surface des objets d'une manière si puissante (***). La fig. 8, pl. 18, représente l'un de ces bras à la vue simple. On distingue sur sa surface interne, sur celle qui s'attache aux corps, et que l'on peut désigner par surface palmaire, on distingue déjà une double rangée de petites capsules qui font saillie au dehors ; c'est avec ces organes que le bras tient aux objets ; ce sont eux qui se soudent sur les surfaces avec une telle adhérence, que si l'animal s'y refuse, on ne lui arrache sa proie qu'en déchirant l'un ou l'autre tissu. Ces petits organes sont donc les seuls et uniques organes d'appréhension de cette surface palmaire. Or, à la vue simple, ils n'offrent pas une structure plus compliquée que les petits enfoncements de nos doigts examinés à la loupe ; et si les organes de l'*octopus* étaient réduits aux mêmes dimensions que nos petits enfoncements palmaires,

(*) Voyez notre premier *Mémoire sur la structure intime des tissus de nature animale*, dans le tom. IV du *Répertoire d'anatomie*, 1827. — *Bulletin scientifique et industriel du Réformateur*, col. 3e, nº 24, nov. 1834.

(**) Voyez la traduction de son travail dans le *Journal complémentaire du Dictionn. des sc. médic.*, t. XXVII, p. 239, 1826.

(***) Malheur au nageur dont les deux jambes se trouvent saisies par les bras de la poulpe (*octopus vulgaris*) : il ne peut lui faire lâcher prise qu'en plongeant la main dans l'entonnoir de l'animal, et le retournant la tête à l'envers.

nous ne distinguerions pas les uns des autres; dès ce moment nous aurions établi, par la même conséquence, que le bras de l'*octopus* est orné, comme nos mains, de pores de la sueur, jusqu'à ce que l'animal, en s'attachant aux corps extérieurs, nous eût prouvé que chacun de ces petits pores est un organe d'appréhension; car alors l'analogie nous aurait indiqué la même fonction dans nos petits organes palmaires et plantaires. Or les dimensions ne sont rien moins que des conditions essentielles des fonctions; l'analogie ne réside que dans la structure et l'origine; la dimension n'est que la filière qui nous y conduit pas à pas, c'est un fil qui nous dirige à travers l'obscurité, une fois que nous l'avons reconnu et saisi à la lumière. Sur deux surfaces d'appréhension nous distinguons des petits organes, plus petits sur celle-ci, plus gros sur celle-là; mais il est constaté que les plus gros sont les organes immédiats de cette fonction; donc les petits n'ont pas d'autre destination et d'autre structure; donc ils n'en diffèrent que par leur petitesse, différence qui n'est telle que par rapport à nous.

1633. Les prétendus pores de la sueur, chez les mammifères plantigrades, sont donc des organes d'appréhension. Aussi voyez avec combien plus de puissance et moins de douleur nous saisissons les objets avec les mains et même avec la plante des pieds, qu'avec toute autre surface du corps, alors que celle-ci serait assez potelée pour embrasser, et assez musculaire pour enserrer étroitement toute la périphérie d'un corps. Qui ne sait qu'on peut retarder et suspendre une chute, en attachant la paume de la main à une surface verticale, que l'on trouve sur son passage? Il n'est pas rare de rencontrer dans les prisons, des individus qui, se plaçant dans l'angle de la cour, montent jusqu'au faîte de l'édifice et en redescendent avec la même facilité, en appliquant la paume des mains et la plante des pieds contre la surface de l'une et l'autre muraille; ce qui a obligé l'administration à terminer par une petite voûte la partie supérieure des angles de la basse-cour, précaution sans laquelle tous les prisonniers auraient bientôt fini par s'évader, sans le secours d'échelles. Il est certain enfin que cette puissance d'appréhension s'accroît, avec l'humidité de la surface. L'analogie achèvera de nous faire comprendre comment et pourquoi cette surface se comporte alors de la sorte.

1634. Chacun des petits organes papillaires, avec lesquels l'*octopus* s'attache à la surface des corps, se présente à la loupe, sous la forme d'une petite cupule divisée en deux compartiments à l'intérieur, par une cloison circulaire parallèle à l'ouverture, et qui, en rapprochant ses bords, forme deux cavités ou deux chambres sans communication entre elles. Les fig. 10 et 11, pl. 18, représentent la section verticale de la cupule, la première à une loupe plus faible que la seconde. On voit ainsi que, si la cloison en forme de valvule ($\alpha\alpha$) venait à rapprocher ses bords, l'organe posséderait une chambre antérieure (α) et une chambre postérieure (β); et que si l'ouverture externe rapprochait aussi ses bords de la même manière, les deux chambres seraient également sans communication entre elles et avec l'air extérieur. Il est évident qu'un organe semblable, en vertu de sa structure musculaire, est habile à rapprocher par un contact immédiat, tout aussi bien les parois de chaque cavité entre elles, que la valvule ($\alpha\alpha$) et le bord de l'ouverture. Dans ce cas, l'organe sera sans cavité aucune. Mais si, dans cet état, l'animal applique la surface antérieure de la cupule contre un corps étranger, et que tout à coup il ait le pouvoir d'écarter les parois de ses deux chambres et les bords de ses deux valvules, l'externe et l'interne, il est évident qu'il produira le vide par ce seul fait, et que la cupule sera attachée au corps étranger par la compression de la colonne atmosphérique, que la cupule fera l'office d'une ventouse; et la puissance d'une ventouse peut atteindre la force de 32 pieds d'eau. L'appréhension a donc lieu par la faculté qu'ont de faire le vide les organes destinés à cette fonction. Les cupules des céphalopodes sont des ventouses, et les prétendus pores de la sueur humaine sont les analogues de ces cupules. Mais la puissance d'une ventouse dépend de sa structure et de ses dimensions; les prétendus pores de la sueur, vu la petitesse de leur calibre et le peu d'élasticité de leurs bords, vu surtout le peu de profondeur de leur capacité, resteront bien loin en arrière des effets d'appréhension que produisent les cupules des bras des poulpes, des sèches et des calmars; mais leur fonction n'en sera pas moins la même en de moindres proportions. Ce sont des ventouses innombrables mais peu saillantes, ce sont des suçoirs microscopiques.

1635. Continuons la dissection des cupules des céphalopodes, afin que l'étude de ces organes de grande dimension nous amène à deviner la structure des organes analogues, mais de dimension moindre. Nous venons de voir que chaque cupule a la propriété de partager sa grande cavité en deux chambres, sans communication entre elles.

On concevra facilement que la valvule (αα) fait ici l'office du piston d'une pompe foulante et aspirante, dont la cupule serait le corps de pompe, en supposant, ce dont nous nous occuperons spécialement plus bas, que la surface qui en tapisse le fond étant une surface aspirante, ait la propriété d'aspirer et d'absorber l'air, de lui donner enfin une issue pour faire le vide. Supposons, en effet, que la cupule n'offre aucune carité, alors qu'elle s'applique, par les bords, sur la surface à laquelle elle s'attache; l'adhérence ne saurait devenir intime, tant qu'entre l'organe et la surface du corps il restera une couche d'air. Mais si alors la valvule (αα) s'éloigne de l'orifice, tout en restant adhérente à la cavité et sans s'ouvrir, il se formera une chambre antérieure, où l'air, par sa force d'expansion, se sera raréfié d'autant; si alors le fond de la cupule, à son tour, s'écarte de la valvule (αα), et qu'en même temps la valvule écarte ses bords pour former une ouverture, la deuxième chambre (β) attirera la quantité d'air renfermée dans la première (α); et si alors la valvule (αα), se rapprochant de nouveau de la surface du corps, s'y applique, en agglutinant de nouveau ses bords, pour reformer un diaphragme, elle fera l'office une seconde fois, d'un piston qui raréfiera une nouvelle quantité d'air, que la deuxième chambre lui reprendra une seconde fois pour l'absorber par sa surface aspirante. Par ce mécanisme, la cupule finira par s'attacher au corps d'une manière aussi intime que si les deux surfaces appartenaient à la même unité. Pour s'en détacher, l'animal n'aura besoin que de rendre, par l'expiration, l'air qu'il avait absorbé par l'aspiration, et de détruire le vide par le moyen contraire à celui qui l'avait produit. On conçoit que s'il a l'intention de ne pas trop prolonger son adhérence aux corps voisins, il sera loisible au céphalopode de garder, dans la deuxième chambre (β), la provision d'air que lui aura transmis l'aspiration de la première; et que pour détruire le vide maintenu par la fermeture de la valvule (αα), il suffira que celle-ci s'ouvre et remette ses deux chambres en communication; la cupule dès cet instant lâchera prise, obéissant à l'effort musculaire de la volonté. Pour suffire à tous ces mouvements, ce petit bras d'une structure si simple en apparence, quand on l'observe de grandeur naturelle (pl. 18, fig. 8), présente au contraire, à un grossissement plus élevé, une complication d'une admirable régularité. Un gros nerf le traverse dans toute sa longueur, envoyant un gros rameau se distribuer dans la substance de chaque cupule (α, fig. 9); il est logé dans une cavité cartilagineuse (ε, fig. 9) qui sert d'os flexible, si je puis m'exprimer ainsi, à la charpente, et contre lequel s'attachent quatre systèmes musculaires qui divisent l'organe en quatre compartiments, dont trois offrent la section d'une lentille plano-convexe, et le postérieur la section d'une lentille biconvexe (402). La figure 12 est dessinée d'après une section transversale prise vers le milieu de la longueur du bras. On y voit la section du gros nerf (ε) presque libre dans un névrilème lâche et aranéeux, le tout logé, comme dans un fourreau, dans un cartilage (δ), à deux côtés parallèles, et les deux autres échancrés en portion de cercle. Chacun de ces côtés est flanqué d'un muscle (γ), dont les compartiments (1563) imitent des fibres perpendiculaires au diamètre de l'organe; (α) at (β) présentent la section des deux chambres des cupules qui sont rangées sur deux rangs longitudinaux. Les fibres musculaires qui font mouvoir avec tant de puissance chaque cupule, ne sont pas visibles à ce grossissement, mais les contractions variées de chacun de ces organes indiquent assez que les muscles n'y manquent pas (*).

(*) En 1829, G. Cuvier lut à l'Académie un travail, sur un nouveau ver qui offrait cela de singulier, qu'il affectait la forme, la structure externe et les dimensions d'un bras de l'*octopus granulatus* (poulpe granuleux) sur lequel il vivait en parasite. Laurillard avait trouvé ce miraculeux ver sur l'*octopus*, dans les environs de Nice. Cet animal offrait 50 paires de ventouses, comme le bras de l'*octopus*. D'après Cuvier, la bouche aurait été placée au-dessous de l'extrémité antérieure du ver; dans l'état tranquille, elle se serait présentée sous la forme d'une fente étroite et non saillante; dans l'animal mort elle aurait paru circulaire et elle aurait eu ses bords relevés. L'appareil digestif aurait consisté dans un sac stomacal, sans ramification intestinale; au-dessous de ce sac, il s'en serait trouvé un autre à parois plus robustes, occupé par les replis innombrables d'un fil, qui aurait eu la couleur et l'éclat de la soie écrue, l'un de ces vers l'aurait rejeté rapidement, à l'instant où il a été pris. Les organes sexuels restaient encore à découvrir; mais l'anus n'aurait été autre que la bouche. L'auteur le nomma *hectostoma* (ver à cent bouches) puis *hecatocotyle* (ver à cent ventouses). Delle Chiaie avait observé, sur le poulpe de l'argonaute, un animal analogue, à qui il avait donné le nom de *trichocephalus acetabularis*: celui si n'avait que 70 ventouses.

L'anatomie de l'animal laissait, comme on le voit, beaucoup à désirer; un débutant se serait bien gardé de solliciter un rapport académique sur un travail aussi peu approfondi; et avant de publier un résultat aussi extraordinaire, et d'annoncer la découverte d'une organisation si anomale, il y aurait regardé à deux fois. Mais Cuvier cherchait l'occasion d'une polémique; il jeta son ver en forme de défi: et son adversaire ramassa le gant, comme un gage de bon aloi. Ce gage n'était qu'une

1636. Or si l'on procède à l'anatomie fine de la surface palmaire de la main, on pourra poursuivre la marche de chaque ramuscule nerveux jusque sur la surface postérieure de chacune de ces petites cupules, qui n'en sont pour ainsi dire qu'une expansion. Les petites cupules (α pl. 18, fig. 6) de la surface palmaire et plantaire, chez l'homme et les animaux plantigrades, sont donc des organes d'appréhension comme chez les céphalopodes, et l'appréhension se fait chez les uns comme chez les autres, par la succion, l'aspiration, par le mécanisme enfin de la ventouse.

Sur la surface palmaire des batraciens, ces cupules sont proéminentes et papillaires ; et chez la rainette, elles acquièrent, à un dégré si éminent, la propriété qui les caractérise, que l'animal peut même se tenir attaché contre les plafonds des appartements, en appliquant, contre leur surface, ces petites papilles qui prennent alors le nom de pelotes visqueuses.

1637. En conséquence, outre les organes du tact, les surfaces palmaire et plantaire possèdent un autre genre d'organes, qui sont des organes d'aspiration et partant d'appréhension ; les uns et les autres prenant naissance à la sommité d'un ramuscule nerveux, dès que celui-ci parvient à la limite qui le sépare de l'air extérieur et de la lumière.

2ᵉ *Organe du goût.*

1638. Les nerfs qui se distribuent dans la langue, se dirigent, de dichotomies en dichotomies, vers la surface supérieure de cet organe, qu'ils tapissent de leurs extrémités papillaires. Chacune de ces petites papilles est un organe d'un tact infiniment délicat, vu que la surface qui les recouvre en est moins souvent exposée au hâle et à l'air extérieur, et qu'elle est maintenue continuellement dans une atmosphère humide. L'impression transmise par cette variété du toucher se nomme *saveur* ; l'organe qui le transmet se nomme *organe du goût* ; sa fonction spéciale prend le nom de *sapidité* ; le siége en est la langue, organe musculaire qui en outre sert pour ainsi dire de truelle à la mastication. Le corps qui produit cette sensation sur la langue, se nomme *corps sapide* ; on donne le nom d'*insipide* au corps qui ne laisse sur la langue aucune impression de ce genre. Les saveurs ne sauraient pas plus être définies que toutes les autres impressions ; une définition est basée sur une comparaison ; or il n'est rien, au dehors de nous, que nous puissions comparer avec ces impressions qui se passent en nous. On a distingué les saveurs en *douces*, *âcres*, *acerbes*, *grasses*, *styptiques*, *acides*, *aqueuses*, *visqueuses*, *sèches*, *spiritueuses*, *aromatiques*, *nauséeuses*, *urineuses*, *salées*, etc. Mais il est évident que dans ce nombre, on a confondu les impressions du toucher et de l'odorat avec l'impression de la sapidité. En effet, les saveurs ne sauraient être ni *spiritueuses*, ni *aromatiques*, ni *urineuses*, impressions qui appartiennent à l'odorat ; ni *visqueuses*, ni *sèches*, ni *grasses*, sortes d'impressions qui appartiennent au toucher. Quant aux autres dénominations, elles peuvent servir, comme des indications vagues et approximatives, mais non comme des caractères de précision, et il est certain que le nombre des saveurs s'élèverait trop haut, et que les nuances

méprise, dont nous avertîmes les observateurs, dans les *Annales des sciences d'observation*, tom. III, pag. 290, 1830, en leur donnant le moyen, par l'anatomie comparative, de vérifier ou de réfuter notre assertion. L'hypothèse de Cuvier parut sans doute trop absurde pour qu'on osât nous réfuter ; c'est le cas où l'un ou mourir mieux faire sa cour à l'illustre vaincu, qu'en gardant le plus profond silence.

Le ver extraordinaire de Cuvier n'était que l'un des bras de l'*octopus* lui-même, bras qu'un animal marin avait coupé d'un coup de dent, pour se débarrasser des étreintes cruelles du céphalopode. L'un de ces bras avait été trouvé tenant encore, comme par un fil, à la surface amputée ; Cuvier avait tradeit ce fait, en disant que l'un de ces vers se trouvait attaché à l'un des bras de l'*octopus*, dont il avait dévoré la plus grande partie ; comme si le céphalopode se serait prêté, de bonne grâce, à laisser dévorer l'un de ses bras, par un ver qu'il aurait si bien pu mettre en pièces avec les sept autres. Le fil semblable à la soie grège, que l'animal aurait rejeté, lorsqu'on l'a pris, n'était qu'une portion d'un tissu nerveux, qui s'étirait en un long filament, alors que le naturaliste cherchait à la détacher, en tirant la portion amputée ; on voit le même fil se dérouler, toutes les fois qu'on tire avec violence une portion de bras d'*octopus*, qu'on a détachée de la portion inférieure. La bouche de l'animal n'était que la portion du bras débordée par le peau musculaire, qui pouvait agrandir ou resserrer cette ouverture par ses différentes contractions. Enfin, s'il suffit d'une cavité longitudinale, pour constituer les caractères d'un estomac, notre bras d'*octopus*, comme on le voit, ne manque pas d'offrir ce caractère par la cavité (ε) qui sert de névrilème au gros tronc nerveux (fig. 9 et 11). Mais, objectera-t-on, Lourillard a vu le ver se mouvoir dans l'eau ; il est aisé de répondre à l'objection, en coupant dans l'eau de mer le bras d'un céphalopode quelconque ; car il se mouvra assez longtemps, pour vaincre la nomenclature d'un ver *sui generis* ; chaque céphalopode pourra avoir ainsi un jour un ver parasite de plus et un bras de moins.

La méprise est due en partie, sans doute, à ce que les bras des céphalopodes n'avaient jamais été disséqués jusqu'alors, même par les auteurs qui avaient publié avec soin l'anatomie générale de ces animaux.

se confondraient trop entre elles, s'il fallait entreprendre de classer les impressions, que peuvent faire naître, sur notre langue, les divers corps répandus dans la nature. La meilleure dénomination, pour désigner les saveurs, c'est le nom du corps qui la fait naître ; on ne saurait se méprendre de cette manière, quand il s'agit d'établir une comparaison.

1639. Nous venons d'affirmer que la langue est le siége du goût; cependant des expériences récentes sembleraient avoir établi que la topographie du goût est plus étendue ; on a cru reconnaître, contre l'opinion de Boerhaave, Leuwenhoeck, etc., que les lèvres, les gencives, la membrane qui recouvre la voûte palatine, le voile du palais, le pharynx et les dents elles-mêmes étaient affectées par l'impression de quelques saveurs. Il semble que sur une question semblable il ne devrait pas exister la moindre dissidence, car l'expérience recommence bien des fois par jour; mais la dissidence provient d'une fausse interprétation des mêmes phénomènes ; la vérité doit se trouver dans la conciliation des deux opinions.

1640. On a souvent cité l'expérience que Sulzer rapporte dans son petit traité intitulé *Théorie du plaisir*. Si l'on insinue l'extrémité de la langue entre deux pièces de monnaie, l'une d'argent et l'autre d'or ou de cuivre, rapprochées par un de leurs bords, on perçoit au même instant une saveur acide, qui disparaît, quand on interrompt le contact immédiat des deux métaux. Nous allons démontrer que la sapidité ne se manifeste jamais que par un mécanisme analogue, et que la langue isolée ne perçoit jamais rien.

1641. Nulle substance n'est sapide qu'à l'état liquide. La langue ne perçoit aucune espèce de saveur, quand sa surface est sèche et que le corps sapide est solide. Placez sur la langue un fragment de sucre cristallisé ou de sel marin préalablement torréfié, l'impression de saveur ne se manifestera que lorsque le liquide, qui suinte de la langue, en aura dissous une certaine quantité; l'impression au contraire sera subite, quand le sucre et le sel marin arriveront à la langue, à l'état humide. *Lingua sicca non gustat*, dit-on, mais alors *lingua tangit*. L'organe du goût est devenu ainsi organe du toucher (1625).

1642. Cependant lorsque nous affirmons qu'il suffit de déposer un liquide sur la langue, pour en percevoir la saveur, cela n'a pas lieu si la langue est tenue isolée des parois de la bouche; et c'est en ce point que se trouve la solution de la difficulté, qui avait fait naître entre les auteurs une aussi grande dissidence.

POUR QUE LA LANGUE PERÇOIVE LES SAVEURS, IL FAUT QU'ELLE SE METTE EN COMMUNICATION AVEC UN ORGANE OU MÊME UN CORPS ÉTRANGER, PAR L'INTERMÉDIAIRE OU CORPS SAPIDE.

1643. En effet, trempez le bout de la langue dans un liquide sapide, vous n'éprouverez qu'une sensation de tact et nul une saveur. Appliquez la langue ainsi humectée contre une cuiller d'argent, la saveur se manifestera avec les caractères ordinaires au corps sapide. Appliquez une dissolution sucrée sur les lèvres, sur les gencives, sur les dents, sur un point quelconque de la voûte palatine, vous n'éprouverez d'autre sensation qu'une sensation tactile, pourvu que la goutte soit telle, qu'elle ne descende pas sur la langue ; portez cette goutte sirupeuse sur toutes les surfaces précédentes au bout d'un instrument de métal, en maintenant celui-ci en contact immédiat avec l'organe, vous n'aurez pas de saveur plus prononcée que la première fois. Mais portez, sur ces surfaces humectées du corps sapide, le bout ou le bord de la langue, et aussitôt vous en percevrez la saveur. Ainsi la langue isolée ne perçoit aucune impression, tant qu'on la tient isolée des autres surfaces buccales, alors même qu'elle aurait été en communication directe avec le corps le plus sapide ; mais dès qu'elle promène le liquide sapide sur les lèvres, sur les gencives, sur les parois de la voûte palatine, ou autres parois buccales, elle perçoit la saveur. Il en est de même, quand elle promène le corps sapide sur les surfaces externes, sur la barbe et sur le menton. C'est là ce qui avait fait croire que les lèvres, la surface de la voûte palatine, les gencives et les dents, étaient aussi des organes du goût ; ces organes n'ont pas d'autre destination que tout autre corps étranger ; ils servent d'élément, si je puis m'exprimer ainsi, à la pile, pour déterminer le courant, sans lequel la sapidité sommeille, et la saveur refuse de se manifester.

1644. Or, pour que ce courant s'établisse, il n'est pas nécessaire que le pôle positif, que la langue, soit en contact immédiat avec le pôle négatif, et par lui-même insensible ; la communication, comme dans la pile ordinaire, peut s'établir tout aussi bien au moyen du liquide sapide, et l'on perçoit également la saveur, quand, la bouche pleine du liquide, on tient la langue écartée des parois, que lorsqu'on l'applique contre elles. Il ne faut pas même pour cela que la bouche soit entièrement pleine de liquide ; il suffit

que l'un des bords de la langue se trouve en communicatinn avec l'une quelconque des surfaces de la bouche, par le liquide interposé. Or, comme on ne saurait appliquer une goutte de liquide sur le voile du palais, qui ne parvienne aussitôt à la langue, par le véhicule des liquides salivaires et muqueux qui tapissent l'arrière-bouche, il s'en est suivi qu'on a attribué à cette membrane une sapidité qui n'est pas de son fait. Par la raison contraire, comme le milieu de la langue ne saurait toucher aucun point des parois circonvoisines, et établir par conséquent le courant nécessaire à la manifestation de la saveur, il s'en est suivi qu'on l'a déclarée insapide, parce que, pour juger de sa sapidité, on s'est contenté de déposer une goutte de liqueur sapide sur sa surface, sans penser à la mettre en communication avec un corps étranger.

1645. Dans le goût, il faut donc distinguer deux choses, le mécanisme et la saveur qui en résulte. La langue perçoit les saveurs; mais la saveur ne se manifeste qu'à la suite d'un courant galvanique, et par le jeu d'un couple, dont la langue est un élément, un corps étranger quelconque l'autre, et la dissolution du corps sapide le véhicule.

1646. La sapidité d'un liquide est une impression passagère; il faut le renouveler pour reproduire la sensation, de même qu'il faut renouveler le liquide acide ou salin des piles ordinaires, pour redonner de l'énergie au courant. Ainsi la langue finit par ne plus recevoir d'impression; même alors que la bouche reste pleine du liquide sucré.

1647. On cite des cas où l'absence complète de la langue ne nuit pas à la sapidité, ce qui semblerait au premier abord contraire à ce que nous venons d'établir. Mais ce n'est point la langue avec sa forme ordinaire que nous avons désignée comme étant l'organe du goût; c'est sa surface papillaire; ce sont les papilles qui la recouvrent, et enfin c'est chaque papille en particulier. Or ces papilles existent sur le moignon rudimentaire, comme sur la langue normale, parce que les trois nerfs principaux : *lingual, glosso-pharyngien* et *grand hypoglosse*, parviennent aussi bien à l'organe réduit qu'à l'organe développé, et que celui-là n'est pas plus privé de papilles sapides que l'autre; il peut, tout aussi bien que l'autre, être mis en communication avec l'une ou l'autre des parois de l'arrière-bouche, par le liquide dont on cherche à déterminer la saveur.

1648. Nous nous occuperons plus spécialement des diverses formes qu'affectent les papilles du goût, en traitant du tissu corné.

1649. On a tâché, par l'anatomie et les vivisections, de déterminer le nerf qui est spécialement le nerf du goût. Quelques auteurs ont avancé que c'était le *lingual*, les deux autres n'étant que les nerfs moteurs de la langue; ils ont appuyé leur opinion sur ce que ce nerf était celui qui envoyait le plus de ramifications à la surface supérieure de la langue, tandis que les deux autres se distribuaient principalement dans la portion charnue de cet organe. Mais cela ne prouverait qu'une seule chose, qui est que le lingual donnerait naissance à un plus grand nombre de papilles que les autres, mais non que les autres soient incapables de se terminer en papilles, une fois qu'ils seront arrivés à l'une des surfaces de la langue. Si la saveur réside dans la structure papillaire, et que tout ramuscule nerveux affecte cette structure sur les limites de la peau, il est impossible qu'un nerf pénètre dans le tissu de la langue, sans fournir, à une plus ou moins grande distance, des organes au goût. D'autres ont coupé le nerf lingual sur un animal vivant, et ils ont vu que, par suite de cette opération, l'animal perdait la faculté de percevoir les saveurs. Mais comment ne pas s'apercevoir qu'une opération aussi violente est dans le cas de frapper d'insensibilité un organe, alors que l'on sait qu'un simple petit bouton survenu sur le filet de la langue, qu'une simple inflammation passagère suffit pour priver la langue de sa sapidité? Coupez le filet de la langue à un animal adulte, et jusqu'à la parfaite cicatrisation de la plaie, il arrivera fréquemment que l'animal aura complétement perdu le goût. Ensuite, lorsqu'on a frappé de mort un nerf, les produits de la désorganisation, qui dès ce moment se déclare, ne sont-ils pas capables de frapper de mort ou d'insensibilité à leur tour, les nerfs avec lesquels le premier s'anastomose? Le grand tort des auteurs qui établissent des systèmes sur des vivisections, c'est qu'ils ne font pas assez la part du trouble que la solution de continuité apporte dans toute l'économie d'un organe, et qu'ils veulent raisonner sur le mécanisme de ses fonctions, en se fondant sur des expériences qui le désorganisent. Enfin, il est d'autres auteurs qui ont tenté de poursuivre la distribution des nerfs de la langue jusqu'aux papilles, et qui n'ont pu y parvenir, quoique cependant ils fissent usage de loupes et de microscopes perfectionnés d'*après la méthode de Wollaston*. C'est qu'en vérité (et dans cet ouvrage, ceci aura l'air d'une répétition oiseuse), ce ne sont pas les

microscopes perfectionnés qui font voir ; c'est la patience de l'observateur, qui varie les procédés et soumet toutes les images à la contre-épreuve de l'expérience et à celle de la discussion. Un nerf plongé dans une lame musculaire ne s'en distingue sous aucun rapport au microscope, les deux substances semblent y former un tissu continu. Mais ce que le scalpel ne saurait poursuivre, la macération l'isole ; et l'étude des nerfs réclame impérieusement le secours des macérations plus ou moins prolongées ; c'est par ce moyen qu'on arrivera à poursuivre les dichotomies nerveuses, jusqu'au ramuscule qui se termine en papille du goût. Car le tissu membraneux et musculaire se décompose dans l'eau, beaucoup plus vite que le système nerveux ; et avant même que les houppes nerveuses se soient isolées réellement, elles deviennent distinctes du tissu ambiant, au microscope, à cause de la différence du pouvoir réfringent, qui s'est établi entre le tissu qui se décompose et le tissu qui se maintient.

1650. Quoique affectant une forme simple, cependant la langue est, comme tous les autres organes, un organe double, et qui doit provenir de la réunion de deux nerfs émanés de la même région de la surface cérébrale. On la voit déjà bifide chez les serpents, et sur celle des mammifères, on distingue une ligne médiane qui la traverse dans toute sa longueur.

3° *Organe de l'odorat.*

1651. Les papilles nerveuses de la langue ne perçoivent que les liquides ; les papilles nerveuses qui tapissent les fosses nasales ne perçoivent que les gaz et les vapeurs. La même substance peut de la sorte affecter les deux organes à la fois sans changer de nature : elle peut être sapide par ses molécules dissoutes, et odorante, par ses molécules gazeuses ou réduites momentanément à l'état de vapeurs. L'acide acétique par exemple dissous dans une grande quantité d'eau, se décèle à l'organe du goût, dès qu'on en met une goutte sur la langue ; évaporez un peu la dissolution, il se décèle aussitôt à l'odorat ; quand il est assez concentré, pour que l'évaporation en ait lieu d'une manière spontanée, l'odorat en est affecté à de grandes distances. On conçoit de cette manière que, si l'air est habituellement le véhicule des odeurs, les odeurs pourraient se manifester dans le vide, et quelquefois même elles n'en seraient que plus intenses, parce que le vide favorise la gazéification. L'odorat est de la sorte la sentinelle avancée de la respiration, comme le goût est la sentinelle avancée de la digestion ; l'un essaye l'air que doivent élaborer les poumons, et l'autre les substances que doit élaborer l'estomac, afin que les organes musculaires arrêtent les unes et les autres au passage, dans le cas où elles porteraient les caractères, auxquels un secret instinct nous fait distinguer les éléments nuisibles à la vie. L'odorat flaire à chaque inspiration de la poitrine, surtout lorsque nous fermons la bouche, et que l'air extérieur n'a d'autre voie pour arriver aux poumons que le canal des fosses nasales ; l'organe du goût déguste à chaque mouvement de la mastication.

1652. Tout ramuscule nerveux, à quelque ordre de nerfs qu'il appartienne, devient organe d'olfaction, dès que l'extrémité en vient s'organiser en papille, sur la membrane pituitaire qui tapisse le fond des fosses nasales.

1653. Dans les ouvrages de physiologie humaine, on a droit de consacrer de plus longs développements à la description anatomique des diverses pièces osseuses qui rentrent dans la structure du nez humain. Dans un ouvrage tel que le nôtre, tous ces détails ne doivent être considérés que comme des accessoires d'une importance individuelle, comme des caractères de classification, et non comme des éléments essentiels de la fonction ; et c'est la fonction seule qui rentre dans le cadre que nous avons tracé à la chimie organique. Le nez peut subir, dans sa structure intime, et dans ses formes extérieures, toutes les transformations possibles, et se réduire, depuis la trompe de l'éléphant, jusqu'aux petites ouvertures que l'on remarque sur le bec des oiseaux ; mais l'organe olfactif, l'organe papillaire n'en reste pas moins le même dans sa structure intime, dans ses aptitudes et dans ses rapports avec l'organe cérébral, avec le centre nerveux. Je puis donc le concevoir là où mes yeux n'en observent plus de traces ; car je puis le concevoir réduit à deux papilles symétriques, et mon œil ne saurait distinguer deux papilles nerveuses plongées dans un tissu organisé. C'est à l'analogie à nous en indiquer la place ; car la place des organes ne change pas avec leurs dimensions. La place de l'organe de l'olfaction est derrière celui du goût et avant celui de la vue. L'organe de l'olfaction est un organe double, et cette duplicité est marquée chez les mammifères, par l'existence des deux fosses nasales.

1654. Sous le rapport qui nous occupe, on distingue les corps en *odorants* et *inodores* ; et les diverses odeurs se désignent par les épithètes

d'*aromatiques, piquantes, fugitives, vagues, agréables, désagréables*, mais plus spécialement par le nom du corps d'où elles émanent. Sous le rapport chimique, nous traiterons de nouveau des odeurs, dans la classe des substances organiques.

4° *Organe de la vue.*

1655. Nous serons moins succinct, dans la description de l'organe de la vue, non-seulement parce que l'étude de sa structure est intimement liée à celle de l'instrument dont nous avons introduit l'emploi dans le laboratoire, mais encore, et surtout parce que nous avons à renverser toute la théorie de la vision, telle qu'elle est professée depuis près de deux cents ans dans les écoles.

1656. L'œil est un organe destiné à percevoir la lumière, et à juger de la forme des corps, de leur superficie et de leurs distances respectives, par la quantité de rayons lumineux qu'ils laissent parvenir jusqu'à nous. Nous allons décrire l'œil humain, et en mettre la structure en évidence, à l'aide de figures que nous avons eu soin de prendre d'après nature, avec toute l'exactitude et le fini que réclament des détails aussi délicats.

1657. Au-dessous de deux grands arcs hérissés de poils qui semblent destinés à marquer la ligne horizontale où le front finit et où le visage commence, la peau s'est fendue horizontalement, pour former comme deux voiles musculaires, qui s'écartent, afin d'ouvrir le monde extérieur à nos regards, et se rapprochent, pour protéger l'organe de la vue, ou en lubrifier les parois avec des larmes. Ce sont les paupières, organes de conservation, dont la privation entraînerait la perte de la vue. La surface extérieure ne s'en distingue pas du reste de la peau; les bords en sont cartilagineux (tarses), et s'appliquent exactement les uns contre les autres, comme si la fente était le produit d'un instrument tranchant. Une rangée de cils (*cl*, pl. 4, fig. 26) les termine, comme pour abattre les rayons lumineux qui tomberaient à faux, sur la cornée transparente, ou pour tamiser la lumière qui nous arriverait avec trop d'intensité. La surface interne des deux paupières est tapissée d'une membrane délicate, de la nature des muqueuses, qui se continue avec celle qui tapisse toute la surface antérieure de l'œil (*cj*), et vient se confondre avec la cornée transparente (*cn*); cette membrane se nomme *conjonctive*. On en voit les fragments chiffonnés (*cj*) sur la fig 21, pl. 4.

C'est au-dessous de cet appareil que sont logés les globules des yeux, dans deux cavités osseuses qui se nomment *orbites*.

A l'angle externe de l'orbite (fig. 26, *gl*) se trouve la *glande* lacrymale (1618), à l'angle interne (*cr*) la caroncule lacrymale (*), dans le voisinage de laquelle est pratiqué sur l'épaisseur de chaque paupière, un orifice béant qu'on nomme *point lacrymal*; ces deux points se continuent en deux canaux de deux ou trois lignes de long, et du diamètre d'un poil, et viennent s'aboucher dans une cavité placée à l'angle interne de l'orbite, que l'on nomme *sac lacrymal*, et qui communique avec les fosses nasales, par un canal que l'on nomme *canal nasal*. On a vu, dans l'ensemble de cet appareil, un appareil excréteur des larmes, un conduit pour amener les larmes dans la cavité de l'organe olfactif. Mais les larmes, quand elles affluent en très-grande abondance, paraissent trouver un écoulement plus facile par la grande ouverture des paupières que par ce petit orifice du diamètre d'un poil; elles débordent en torrents par les paupières, alors qu'il s'en échappe une goutte par le canal nasal; et quand les larmes ne sont pas des pleurs, elles ne s'écoulent ni par la grande ouverture ni par le petit canal, elles s'évaporent, après avoir été étendues par le jeu des paupières, sur la surface de la conjonctive. En sorte que la nature aurait mal pris son plan, si elle avait réellement destiné à cet usage un appareil d'une structure aussi délicatement compliquée.

1658. A quoi donc est destiné le canal nasal? Examinons la question sous un autre point de vue. Le canal nasal met la capacité comprise entre les parois de la conjonctive, en communication avec la capacité des fosses nasales, que nous avons dit être les sentinelles avancées de l'inspiration. Mais l'inspiration appelle l'air par toutes les ouvertures qui aboutissent au dehors; quand le vide se produit dans une capacité, l'air s'y porte avec violence par toutes les issues, par les plus grandes comme par les plus étroites. Dans l'acte de l'inspiration, l'air pénétrera donc dans les poumons, non-seulement par les fosses nasales toujours ouvertes, et par la bouche, quand elle est béante, mais encore par les points et les conduits lacrymaux, quand les paupières seront écartées, ce dont au reste il est facile de s'apercevoir, en prêtant un peu d'attention; en effet, toutes les fois que nous inspirons forte-

(*) L'œil dessiné sur nos planches est l'œil gauche renversé.

ment, nous sentons une impression de froid, un courant d'air dans la région de la caroncule lacrymale (*cr*, fig. 26, pl. 4), dans l'angle interne de l'orbite de l'œil; impression qui devient toute contraire, dans l'acte de l'expiration. Voilà un fait qui a lieu en l'absence des larmes. Or qu'arrivera-t-il, lorsque les paupières seront fermées et rapprochées intimement, par l'application des deux tarses l'un contre l'autre? L'inspiration produira le vide dans cette capacité close; et par conséquent elle attirera, vers l'angle interne de l'œil, non-seulement les sécrétions de la glande lacrymale, les larmes, pour en lubrifier les parois de la conjonctive, mais encore toutes les impuretés, qui, malgré la vigilance instinctive des paupières, auraient pu se glisser entre elles et la surface de l'œil. Aussi voyons-nous toute impureté provoquer le rapprochement des paupières, qui devraient au contraire s'écarter, pour ne pas se froisser contre l'obstacle, mais qui se réunissent pour former une cavité hermétiquement fermée; et peu à peu l'impureté chemine et se rend à l'angle interne de l'œil, où sa présence est sans danger et son extraction facile. L'inspiration l'a amenée à ce point, et, pour y arriver, l'impureté a dû suivre la route où la compression des parois était moins forte, et par conséquent éviter la cornée transparente, cette perle de l'œil, qui se défend dans ce cas par sa proéminence même, qui écarte l'obstacle en le dominant, et lui trace un passage en bas et loin de sa surface, en pressant de sa convexité le voile qui s'y applique exactement. Le canal nasal est donc destiné à appeler les fluides lubrifiants sur la surface de la conjonctive, et à nettoyer cette surface des impuretés qui pourraient l'assaillir, et dont les mouvements des paupières ne sauraient jamais la débarrasser, que par de longs et douloureux frottements. Il est évident que si ces substances de surcroît sont liquides, que ce soient des larmes ou de l'eau, l'inspiration les attirera dans les fosses nasales, tandis que les impuretés solides resteront dans l'angle interne, faute de trouver un conduit d'un calibre propre à les laisser passer.

1659. La partie de l'œil que nous voyons se mouvoir sous les paupières ouvertes, présente deux surfaces distinctes, l'une blanche, opaque, que tapisse la conjonctive (*cj*) (ou *cornée opaque*), et sur laquelle on voit se ramifier quelques vaisseaux sanguins, dont le nombre se multiplie dans les crises inflammatoires; puis une surface bombée, circulaire, une lentille convexe (*cornée* ou *cornée transparente*), à travers la transparence de laquelle on distingue (*pp*) une ouverture centrale toujours noire (*pupille* ou *prunelle*), et entourée (*ir*) d'une vaste auréole (*iris*), dont la couleur, variable selon les individus, sert à désigner la couleur des yeux. La fig. 25, pl. 4, représente cette double surface circulaire, dessinée d'après un œil vivant, au grossissement d'une loupe de 2 pouces 1/2 de foyer. Sur les yeux morts, ce riche appareil se décolore et se déforme, surtout quand on a enlevé la cornée transparente, et que l'organe se trouve exposé immédiatement aux influences de l'air. L'*iris* (*ir* et *ir'*) offre un réseau de bifurcations vasculaires et rayonnantes du centre à la circonférence, qui se dessinent en gris sur un fond bleu ici, mais noir, vert-olive, gorge de pigeon sur d'autres individus. Cette surface présente deux zones: 1° une plus interne (*ir'*), qui forme une espèce d'entonnoir, au fond duquel serait logée la *pupille*. Elle est partagée en 16 grands rayons en creux, dont les intervalles semblent comprendre environ 25 subdivisions rayonnantes, ce qui diviserait ce cercle en 400 degrés; 2° l'autre, plus vaste et qui enveloppe la première, s'en distingue, parce qu'elle est plane, unie, que ses divisions rayonnantes se subdivisent par des dichotomies secondaires jusqu'à la circonférence, et qu'elles se distinguent les unes des autres, par la couleur, et non par les ombres d'un relief quelconque.

1660. La couleur noire de la *prunelle* ou *pupille* (*pp*, fig. 25) n'est que celle de toute ouverture d'une cavité non éclairée, et qui ne réfléchit pas au dehors les rayons lumineux qu'elle absorbe. En effet, si on détache le globe de l'œil de son orbite, et qu'on le dépouille de l'enveloppe opaque qui emprisonne les substances que recouvrent l'iris et la prunelle, celle-ci devient tout à coup transparente, car elle transmet alors à l'œil les rayons lumineux, qui lui arrivent par réfraction (592). L'*iris* est tapissé postérieurement par une membrane noire, qui, une fois déchirée par la dissection, répand dans l'eau un liquide noir, qu'on a désigné sous le nom de *pigmentum*. Nous retrouverons ce liquide dans d'autres tissus de l'organe de la vision.

1661. Le globe de l'œil tiré de son orbite, par la section et du nerf optique, et des muscles qui l'attachaient aux os, et qui servaient à le faire mouvoir sur son axe, de côté, d'avant en arrière et d'arrière en avant, le globe de l'œil se présente comme une sphère ayant le diamètre transversal moindre que le diamètre vertical. La cornée transparente proémine sur la surface antérieure du

globe, comme une lentille concavo-convexe qu'on appliquerait sur une sphère d'un plus grand rayon. Le nerf optique prend son origine à la partie opposée; mais la cornée et le nerf sont situés un peu au-dessous du diamètre transversal; en sorte que la calotte qui les surmonte est plus bombée que la calotte qui leur est inférieure. La direction du nerf est oblique par rapport à la tangente amenée à son point d'insertion; mais cette obliquité devient plus grande par les contractions de la mort, et diminue ensuite par la macération, en sorte qu'un œil conservé dans l'eau pendant quelques jours présente le nerf optique sur le prolongement du diamètre. Procédons à l'étude anatomique de l'œil, en partant du nerf optique, et après en avoir dépouillé le globe, des muscles, du tissu cellulaire, de la glande lacrymale, et de la conjonctive, enfin après en avoir réduit la périphérie aux parois résistantes qui l'enveloppent, sans aucune solution de continuité.

A. Étude anatomique et physique de l'œil.

1662. Nerf optique (pl. 4, fig. 21 et 22, *op*). — Chez l'homme, ce nerf, qui est cylindrique, mais grossit à mesure qu'il s'approche de l'œil, varie autour de trois millimètres de diamètre. La substance, qui en paraît si homogène à l'état frais, décèle une structure plus compliquée par une macération de quelques jours. On voit alors, à la loupe, comme une partie corticale (*nr*, fig. 21, pl. 2) se détacher en forme d'un fort névrilème, de la portion centrale et comme médullaire (*md*). Ces deux portions tiennent entre elles par un tissu aranéeux d'une grande délicatesse. On reconnaît que cette portion corticale va former, par son expansion, toute l'enveloppe opaque du globe de l'œil, celle que l'on désigne sous le nom de *sclérotique* (*sc*), enveloppe dont le tissu se termine là où commence la *cornée transparente*. La portion médullaire n'est rien moins qu'homogène à son tour, et c'est sur le nerf optique du bœuf que sa structure devient bien apparente. Vu de grandeur naturelle sur sa section transversale (fig. 18, pl. 2), ce nerf offre déjà à l'œil comme des compartiments cellulaires, qui ne laissent plus le moindre doute, sur leur nombre et leur configuration, à un simple grossissement de huit fois le diamètre (fig. 19); on y distingue en effet la portion corticale (*nr*), qui se continue en sclérotique, et que la dessiccation colore en rougeâtre; cette gaine enveloppe, comme dans un étui, une foule de troncs nerveux, enveloppés tous dans autant de gaines qui s'agglutinent entre elles, par leurs parois externes; en sorte que la section transversale présente l'aspect d'un tissu cellulaire ordinaire, dont les cellules seraient infiltrées de sucs albumineux. Mais tous ces emboîtements nerveux s'arrêtent au point où le globe se forme; et aucun d'eux ne pénètre dans l'intérieur de la grande cellule, qui se développe au bout de chaque nerf optique, et devient l'organe de la vision. Ici de nouveaux emboîtements vont s'organiser, mais d'une manière sphérique, et tous concentriques entre eux.

1663. Sclérotique (pl. 4, fig. 15). — Le premier emboîtement, ou le plus externe, celui qui émane du névrilème (*nv*), doit être considéré comme l'emboîtement générateur, comme la cellule maternelle de tous les organes intérieurs. Il a en épaisseur $2\frac{2}{3}$ de millimètre; et il vient perdre son opacité, et offrir le relief d'une lentille, sur sa surface antérieure, pour transmettre les rayons lumineux au foyer qui doit en percevoir l'image; or comme les rayons lumineux s'épanouissent en cônes, cette surface est circulaire. La sclérotique (*sc*) devient alors cornée transparente (*cn*).

1664. Choroïde et rétine. — Ce second emboîtement prend naissance à la région du nerf optique, tapisse la paroi interne de l'emboîtement externe, et présente deux couches principales, à qui on a fait jouer deux rôles distincts. La première, qui s'applique immédiatement contre les parois de la sclérotique, se nomme la *choroïde*, et l'autre, qui tapisse la choroïde, se nomme la *rétine*. Il est à présumer que, sans la théorie de Descartes *sur le mécanisme de la vision*, les anatomistes auraient attaché infiniment moins d'importance à la distinction de ces deux lames d'un même tissu. La couleur des deux est d'un noir foncé, avec la différence que la rétine, par sa surface lisse, réfléchissant une portion des rayons lumineux qu'elle est appelée à absorber, présente sur ce fond noir, des variations analogues à celles du phénomène chromatique, que l'on désigne sous le nom de *gorge de pigeon*. Lorsqu'on plonge un fragment de la *choroïde* ou de la *rétine* dans l'eau, il semble se désagréger en une espèce de sanie noirâtre, qui s'échappe en myriades de molécules albumineuses. A cette époque, la structure intime du tissu ne se révèle par aucune organisation susceptible d'être décrite et dessinée. Mais si on abandonne le tissu dans

l'eau, en ayant soin de la laver de temps à autre, et de remplacer le liquide saturé par un liquide plus pur, on arrive, en dépouillant ce tissu de tout ce qu'il possédait de soluble, à se convaincre que c'est un tissu éminemment vasculaire (pl. 2, fig. 17'), et que la couleur noire qui le distinguait ne provenait que du liquide qui circulait dans cet inextricable réseau de vaisseaux qui le sillonnent; que c'est à un sang noir, à une circulation réelle que cet organe est redevable de sa couleur; et qu'enfin la sanie qui se répand de sa substance macérée dans l'eau, n'est autre que ce sang chargé de molécules albumineuses et d'une matière colorante noire, qui s'échappe des orifices béants des vaisseaux. Ainsi que dans tout autre tissu vasculaire, on remarque ici deux ordres de vaisseaux : les uns qui se ramifient et s'anastomosent à l'infini sur la surface postérieure (*m*), et dont on remarque même l'empreinte sur la paroi interne de la sclérotique (pl. 4, fig. 15), ce sont ceux qui sont le plus en évidence sur le fragment de la choroïde (pl. 2, fig. 17') qui est grossi seulement quatre fois. Sur la surface, au contraire, qui est tapissée par la rétine, on observe une vascularité plus grêle, plus clair-semée, qui semble couper la première à angle droit, et que l'on distingue encore ici sur la trame d'une membrane délicate et comme indécise (*m'*). Outre ce réseau, on remarque sur la choroïde (*ch*) de la fig. 21, pl. 4, des vaisseaux qui se dirigent du nerf optique vers la cornée transparente, comme tout autant de longitudes, espacés comme on le voit sur la figure, qui est de grandeur naturelle; ils sont vides de liquide circulatoire, et partant blancs. S'ils étaient encore pleins de liquide, on ne les distinguerait pas du tissu ambiant. Ils s'en détachent mécaniquement avec beaucoup de facilité.

1665. Iris. (Pl. 4, fig. 25, *ir*, *ir'*.)— Arrivée au point où la sclérotique devient transparente et perméable aux rayons lumineux, la lame externe de la choroïde se sépare d'elle, et continue sa route pour devenir un peu plus loin transparente à son tour. Toute la surface de cette lame qui est en contact avec la lumière se colore de divers reflets; là, il se fait pour ainsi dire une espèce d'hématose, par laquelle le sang noir revêt différentes nuances; mais la surface interne en reste noire et prend le nom d'*uvée*; la surface externe se nomme *iris*. La lame de la choroïde qui se continue sous forme d'iris, a aussi sa *cornée transparente*, qui ouvre un passage d'un moindre diamètre aux rayons lumineux transmis par la cornée. Mais la substance de ce tissu est si délicate, cette membrane est tellement peu infiltrée, tellement peu vasculaire, qu'elle se déchire, sans que l'on puisse en démêler la trame, sur le fond noir du fond de l'œil. On en sent pourtant la résistance dans un grand nombre de cas; et lorsqu'on l'examine à la loupe sur un œil vivant, on la voit réfléchir la lumière d'une manière distincte, surtout en variant les incidences. Cette membrane transparente ferme donc, comme un diaphragme, la pupille, et fait que la lame de la choroïde qui donne naissance à l'*iris*, constitue un grand emboîtement imperforé, une grande vésicule analogue à la vésicule de la sclérotique qui l'emboîte elle-même.

1666. L'*iris* a le même diamètre que la cornée transparente, qui est en moyenne de 12 millim. L'ouverture de la pupille se rétrécit par une vive lumière, et n'a à peine alors 3 millimètres de diamètre; par une lumière diffuse, elle en a 4, et dans l'obscurité davantage; ce qui démontre que la lame choroïdale qui s'organise en *iris*, est aussi musculaire, car elle est susceptible de se contracter et de se dilater. Le globe de l'œil, dans son plus grand diamètre, dépasse à peine 25 millimètres.

1667. La cavité formée par les parois internes de la cornée transparente, par l'iris et la membrane qui recouvre la pupille, est remplie d'un liquide limpide qui prend le nom d'*humeur aqueuse;* on la désigne sous le nom de *chambre antérieure de l'œil*. Sur la fig. 15, pl. 4, elle est comprise par les lettres *cn*. L'*iris* se détache de la sclérotique à la hauteur *ir*. Sur la fig. 21, pl. 4, toute cette chambre manque, par l'ablation de la cornée transparente, et l'*iris* (*ir*) est en contact immédiat avec l'air extérieur.

1668. Deuxième chambre ou chambre moyenne. — Ainsi les effets de la lumière, les procédés de la fine anatomie se joignent à l'analogie fondée sur les données de la théorie vésiculaire, pour démontrer que la pupille est recouverte d'une membrane transparente, qui est, par rapport à la lame de l'iris, ce qu'est la cornée par rapport à la sclérotique; et, par conséquent, entre le cristallin et la pupille, il existe une cavité plano-concave, qui est remplie d'un liquide transparent, cavité que la plupart des anatomistes admettent sous le nom de deuxième chambre.

1669. Procès ciliaires. — Une lame plus interne de la choroïde se détache de la sclérotique,

un peu au-dessous du point d'adhérence de l'iris à la paroi de cette enveloppe, et vient former un diaphragme parallèle à l'iris, organisé vasculairement comme ce dernier organe, ouvert comma lui circulairement à son centre, pour laisser passer les rayons lumineux, c'est-à-dire devenant transparent sur cette surface, qui forme, avec les rayonnements qui l'entourent, un tout continu, une calotte de la grande vésicule da laquelle ceux-ci émanent. Contre la surface postérieure des procès ciliaires (pl. 4, fig. 16, *pr*) s'applique le cristallin (*cr*), et la bande antérieure de l'humeur vitrée (*hv*). Ils tirent leur nom de la structure de leurs rayonnements, qui semblent presque former les cils d'un œil rond. Mais avec une attention plus suivie, on s'assure que ces cils ne sont que des vaisseaux, qui s'anastomosent, en rayonnant du centre à la circonférence, at qui, arrivés au bord de l'ouverture transparente, reviennent en arrière parallèlement à leur première direction, ce qui produit là une espèce de festonnement d'une grande régularité et d'une délicatesse insigne. Du côté de la sclérotique, chacun de ces canaux vasculaires s'aboucha, non-seulement avec les vaisseaux contigus, mais encore avec les vaisseaux de la choroïde, qui alimentent la circulation da cet iris du second plan; car je ne saurais trouver, pour désigner les rapports des procès ciliaires, una expression d'une plus grande exactitude. Mais ce second iris étant protégé, contre la lumière, par toute l'épaisseur du premier qui la déborde, sa surface antérieure ne saurait se colorer, comme le fait celle de l'iris du premier plan; elle reste donc aussi noire que la choroïde. La fig. 13, pl. 4, représente, au grossissement de 50 diamètres environ, un fragment de ce réseau ciliaire pris sur l'œil d'un petit pinson, qui avait à peine quatre jours; (α) en est le bord intérieur, celui qui entoure la cristallin; on y voit comment le vaisseau afférent fait un coude au cet eodroit, pour devenir vaisseau déférent, et comment s'organisent les anastomoses (β). La surfaca des vaisseaux pigmentifères est marquée, eomme celle des vaisseaux sanguins, de stries transversales. J'ai cru avoir compté, sur le pourtour de ce diaphragme, cent gros vaisseaux qui seinblent diviser ce cercle, comma en tout autant de degrés.

1670. Cristallin et humeur vitrée. — De la région du nerf optique part une vésicula plus interne, dans le sein de laquelle s'emboîtent l'humeur vitrée et le cristallin, comme l'indiquait *à priori* la théorie *spiro-vésiculaire*. Cette membrane est très-visible sur l'œil de certains animaux, tels que ceux de hérisson, et sur l'œil humain à la suite d'une maladie inflammatoire; elle est sillonnée alors d'un réseau de vaisseaux sanguins. On la distingue très-bien sur la fig. 22, *hv'*, pl. 4, qui a été dessinée d'après un œil d'una vieille femme morte à la suite d'une fièvre cérébrale. Cette membrane, qui a un aspect mat en cette circonstance, se confond souvent avec le reste de l'humeur vitrée (*hv*) par la transparence et la délicatesse da son tissu. Mais, dans tous les cas, ella vient recouvrir le cristallin auquel elle adhère, et s'attacher intimement au bord interne des procès ciliaires, pour acquérir une diaphanéité et une consistance qui la rendent inappréciable sur tonte la surface du cristallin : c'est à elle que doit s'appliquer la dénomination de *membrane hyaloïde*.

1671. Le cristallin est un corps qui affecte la forme d'une lentille biconvexe (402), et qui occupe toute la place que circonscrit le bord interne des procès ciliaires. C'est une lentille, dont l'axe se confond avec l'axe transversal de l'œil, avec l'axe qui passe par le centre de la pupille et aboutit à la région du nerf optique. Dans l'homme, sa calotte antérieure a una plus grande courbure que la calotte postérieure; l'épaisseur de l'organe étant de 6 millimètres, son diamètre de 10 millimètres, l'épaisseur de sa calotte antérieure serait de 3,5 millimètres, et celle de sa calotte postérieure ne serait que de 2,5 millimètres. La fig. 17, pl. 4, le représente de grandeur naturelle, vu par les bords qui portent les traces des procès ciliaires. Un corps de cette forme et de cette limpidité doit nécessairement se comporter à la manière des lentilles biconvexes de verre; il doit grossir les objets, lorsqu'on le place entre eux et notre œil; c'est ce que l'experience démontre, tant que les parois du cristallin extrait de son humeur vitrée sont entretenues dans leur état d'humidité. La fig. 19 nous le montre grossissant les caractères de la phrase écrite sur le papier : *ut lens*, à la manière d'une lentille ordinaire de nos instruments d'optique. La distance focale du cristallin humain hors de ses enveloppes est d'environ 4 millimètres.

1672. Le cristallin du bœuf ne s'isole pas avec la même netteté qua le cristallin humain; la calotte postérieure s'engrumèle et semble avoir laissé en solution une grande partie de sa surface; elle est mamelonnée et beaucoup moins résistante que la surface de la calotte antérieure. Lorsqu'on abandonne deux heures seulement le cristallin dans un verre de montre rempli d'eau, la calotte anté-

rieure appliquée contre la paroi du verre, on trouve le vase rempli comme d'une humeur vitrée, sur la paroi antérieure de laquelle serait enchâssé le cristallin. La calotte postérieure de ce dernier organe s'est dissoute dans l'eau du verre, et s'y est organisée en un tissu d'une moindre consistance et d'une plus grande diaphanéité, et qui offre tous les caractères physiques et chimiques de l'*humeur vitrée*; un peu plus et un peu moins de parties aqueuses constitue donc toute la différence des deux substances.

1673. Le cristallin du jeune pinson dont nous avons déjà étudié une portion de l'œil (1669) offre des particularités dignes de toute notre attention. Lorsqu'après avoir extrait l'enveloppe qui renferme et le cristallin et l'humeur vitrée, on abandonne cet organe à son propre poids, le cristallin s'élève par une saillie en forme de mamelon que la fig. 14 représente vu de [champ, et dont la fig. 20, pl. 4, représente le profil. Autour de ce mamelon (*cr*), les procès ciliaires (*pr*) forment une cannelure circulaire (*a*), qui ne peut être produite que par suite d'une adhérence intime de toutes les pièces de cette organisation entre elles. Si les procès ciliaires n'appartenaient pas à la membrane qui recouvre le cristallin, ils s'affaisseraient d'une tout autre manière, et laisseraient passer en entier le cristallin au dehors. Mais le cristallin de l'œil de ce petit animal, extrait de l'*humeur vitrée*, est loin de présenter la forme d'une lentille; c'est un cône tronqué, bombé à ses deux extrémités antérieure et postérieure (fig. 18, pl. 14); cet organe est mou et composé d'une vésicule externe et d'une substance incluse de consistance presque liquide. Déposé dans l'acide sulfurique concentré, il a commencé par s'affaisser, par contracter une couleur jaune, qui a passé ensuite au purpurin, signe évident de l'existence simultanée de l'albumine et du sucre (*); enfin on découvre alors, sur la surface de l'organe, des stries rayonnantes qui dénotent une vascularité lymphatique; au microscope, on constate l'existence d'un réseau de cellules hexagonales aplaties, qui se dirigent en rayonnant d'un pôle du cristallin à l'autre, et qui forment le tissu de la vésicule externe, la seule portion de cet organe qui ne se dissolve pas dans l'acide. L'humeur vitrée n'y contracte qu'une couleur jaune. Le cristallin est donc vésiculaire, comme la membrane externe qui l'emprisonne.

(*) Substance que nous aurons plus bas l'occasion de reconnaître dans tous les tissus embryonnaires des végétaux et des animaux.

1674. Si nous plaçons le cristallin d'un animal adulte dans le même acide, il ne contracte qu'une couleur jaunâtre. Dans l'acide hydrochlorique (1534), il passe du blanc au purpurin, du purpurin au bleu, comme tous les tissus glutineux et albumineux. Dans l'acide nitrique, il devient jaune, il se fend d'un pôle à l'autre; et si on le retire deux jours après, et qu'on le lave à l'eau, on le trouve, par une coupe longitudinale, composé d'emboîtements en grand nombre, dont les parois sont beaucoup plus minces sur la calotte antérieure que sur la calotte postérieure. La fig. 20, pl. 2, représente le cristallin de l'homme au sortir du réactif, avec les emboîtements que nous avons laissés à leur état d'intégrité, comme un noyau enchâssé dans les emboîtements que nous avons ouverts par le milieu. L'organe est grossi quatre fois seulement.

1675. Supposons, ce qui est fort admissible, surtout aux yeux des personnes qui auront pris en considération les principes de cet ouvrage; supposons que la calotte postérieure de chacune de ces couches concentriques ne se fût pas arrêtée ainsi dans son développement, mais qu'elle eût multiplié les mailles de son tissu d'une manière indéfinie, et représentons-nous, par la pensée, sous quelle forme le cristallin se serait alors offert à nos yeux, dans le cas où les couches qui la composent auraient adhéré intimement les unes aux autres, et se seraient confondues ainsi en un seul tissu apparent; nous aurions eu nécessairement alors l'organe que l'on désigne sous le nom d'humeur vitrée, et nulle part de cristallin susceptible d'être distingué du milieu ambiant. Mais s'il était arrivé que l'emboîtement le plus interne de tous n'eût point suivi ce développement indéfini, qu'il n'eût point infiltré ses calottes postérieures, qu'il eût présenté par conséquent une consistance plus forte que la portion postérieure du tissu qui l'enveloppe, cet emboîtement, interne en réalité et externe en apparence, eût été le cristallin, et la portion postérieure des emboîtements ambiants eût pris les caractères et le nom d'humeur vitrée. Eh bien! l'analogie se réunit à la dissection et aux réactions, pour nous permettre d'établir que telle est réellement la structure de ces deux organes, qui ne nous paraissent distincts que par la différence de leur consistance, mais qui sont le même et unique organe, sous le rapport de la structure vésiculaire, de la structure par emboîtements.

1676. En conséquence, le cristallin est revêtu de tout autant de membranes minces et diaphanes

que l'humeur vitrée compte d'emboîtements ; ou plutôt le cristallin n'est lui-même qu'un agrégat des emboîtements les plus internes, que la lumière attire en avant, et dont les parois s'infiltrent et s'organisent infiniment moins du côté éclairé que du côté opposé. Si donc on venait à extraire ce corps, sans endommager ce qui l'environne, on conçoit facilement comment l'*humeur vitrée* aurait par devers elle de quoi en reformer un autre à la place ; car la création d'un nouveau cristallin ne serait que le résultat immédiat de l'élaboration normale de la grande vésicule, qui prend le nom d'*humeur vitrée* ; et on admet maintenant avec nous que le développement se continue par la formule d'une vésicule qui engendre à l'intérieur d'autres vésicules, et ainsi de suite d'une manière indéfinie.

1677. Le retrait occasionné par la congélation met cette structure intime en évidence, tout aussi bien que la réaction des acides ; mais le dernier procédé que nous venons de décrire est plus à la portée de l'observateur.

1678. Combinons, par la pensée, la structure générale et par emboîtements avec la structure microscopique spéciale, à l'un quelconque de ces emboîtements, structure qui, par l'analogie, doit nécessairement être la même pour tous les autres. Nous avons vu (1673) que la vésicule du cristallin était organisée par le moyen de petites cellules hexagonales, qui sont rangées dans la direction d'un pôle à l'autre, et comme en côtes de melon. Or il pourrait arriver qu'au lieu de multiplier leurs cellules, chacun de ces emboîtements n'en développât qu'une rangée circulaire, qui s'étendrait ainsi d'un pôle à l'autre. Par le retrait, chacune de ces cellules serait donc dans le cas de s'enlever, comme on enlève une cuisse d'orange. Or cette hypothèse se réalise sur le cristallin du hérisson ; cet organe ne se sépare nullement de l'humeur vitrée sous une forme lenticulaire, mais plutôt comme un trigone, comme un prisme à trois pans et à angles arrondis. Par une espèce de clivage on détache facilement les trois angles, et on a ainsi un nouveau prisme, dont les faces concaves sont les lacunes laissées par les trois angles enlevés ; en deux ou trois autres clivages, on arrive au noyau qui ne paraît simple, que parce qu'il ne se prête plus à ces procédés de dissection. Je ne saurais mieux comparer cette structure qu'à un assemblage de gousses de certains ails, qui sont disposés autour de la gousse principale, comme autour d'un noyau central.

1679. RÉCAPITULONS CETTE SÉRIE D'OBSERVATIONS. La couche externe du nerf optique (pl. 4, fig. 21 et 22, *op*) se renfle à son extrémité, sous l'influence du développement vésiculaire qui doit constituer l'organe de la vision ; au contact de la lumière elle s'amincit et devient diaphane. Du fond de cette grande et forte enveloppe orbiculaire, naît une nouvelle vésicule, qui tapisse, de son réseau vasculaire et de son tissu tout noir, les parois de la première ; elle prend le nom de *choroïde* dans son épaisseur (*ch*, fig. 21 et 22), de *rétine* (*r*) à sa surface interne, et vient se dédoubler et se détacher d'elle, à la hauteur de la cornée transparente, 1° sous le nom d'*iris* (*ir*), qui s'amincit à son centre sous le nom de *pupille* (*pp*) ; 2° sous la forme de *procès ciliaires* (*pr*, fig. 10). Une vésicule plus interne (*hv'*, fig. 22) prend naissance vers la même région, tapisse la surface de la rétine, vient s'amincir sur le pourtour des procès ciliaires, et recouvre tous les emboîtements hyalins et concentriques qui forment l'*humeur* vitrée (*hv*) et le *cristallin* (*cr*). L'*humeur vitrée* enveloppe le *cristallin* de ses emboîtements ; et ne semble rejetée en arrière, que parce que la calotte postérieure de chacun d'eux est beaucoup plus développée que la calotte antérieure ; or nous avons fait observer (1549) que la paroi propre d'une membrane quelconque est tellement mince, qu'en en superposant une centaine les unes sur les autres, on n'aurait encore qu'une membrane de l'apparence la plus simple à l'œil nu. Le cristallin ne diffère de l'humeur vitrée que par sa consistance ; et à un certain âge, on ne saurait distinguer ces deux organes entre eux. Le centre du cristallin est le centre des emboîtements de l'humeur vitrée, mais un centre tellement refoulé loin du centre géométrique, que le rayon antérieur de cette sphère est peut-être dix fois plus court que le rayon postérieur.

1680. CONDITIONS DE STRUCTURE ESSENTIELLES A LA VISION. — A côté des avantages incontestables de l'analyse, existe de toute nécessité un grave inconvénient ; à force d'arrêter son esprit sur des détails, on finit par perdre de vue l'unité ; à force d'augmenter les pages d'un livre, on s'éloigne du point de vue, d'où se découvre l'ensemble et le lien des faits particuliers ; et l'on finit par donner à chacun de ces faits de détail, une importance qui n'est inhérente qu'à leur harmonie. Cette réflexion s'applique immédiatement à l'étude de l'œil, de cet organe qui nous transmet la sensation la plus subtile, et partant la moins multiple

de toutes, la sensation de la lumière. Car, au soin que nous prenons d'énumérer les diverses pièces qui rentrent dans sa structure, on serait tenté de croire que chacune de ces pièces qu'isole la dissection est indispensable à la vision, est dans son genre une espèce d'organe secondaire; idée dont il faut rabattre pas à pas, à mesure qu'on avance dans les recherches d'anatomie comparée. La manière par laquelle nous avons envisagé la structure du globe de l'œil humain, en nous occupant d'en décrire une à une toutes les parties, a dû déjà mettre nos lecteurs sur la voie de la synthèse, qui va faire le sujet de ces paragraphes, et amener la réponse à cette question : *Quelle est la structure essentielle à la vision ?*

1681. Les paupières étant destinées à lubrifier les parois de la conjonctive, et à préserver cette membrane qui recouvre le globe de l'œil, du contact des corps capables d'en irriter la surface, les paupières dans un milieu aqueux, seraient sans emploi, resteraient toujours ouvertes et finiraient par s'atrophier et se réduire faute d'usage, vu qu'en s'abaissant elles nuiraient plus à la vision qu'en se tenant écartées, et que la même impulsion instinctive qui nous porte à les fermer de temps en temps dans l'air, porterait l'animal à les tenir ouvertes constamment dans le milieu humide. Aussi les poissons, et tous les animaux exclusivement aquatiques, manquent-ils de paupières.

1682. L'œil servant à la vision, à la manière des lentilles grossissantes, c'est-à-dire en réfractant vers un foyer commun les rayons lumineux qui tombent sur sa surface extérieure, il faut nécessairement que les liquides qui entrent dans sa composition aient un pouvoir réfringent différent du milieu ambiant; les liquides seraient une superfétation, s'ils avaient le même *indice de réfraction* (396) que celui-ci; car ils transmettraient le rayon lumineux, sans le faire aucunement dévier de la route par laquelle il doit arriver au foyer. L'*humeur aqueuse* qui remplit la capacité de la première chambre de l'œil humain, et forme la substance de cette première lentille plano-convexe; l'*humeur aqueuse*, qui remplit la deuxième chambre et forme l'épaisseur de la seconde lentille concavo-convexe de notre œil, serait donc inutile à des animaux plongés dans un milieu aqueux; aussi chez les poissons, le cristallin semble-t-il s'appliquer presque immédiatement contre la paroi interne de la cornée transparente.

1683. Mais par la même raison, le *cristallin* et l'*humeur vitrée* doivent jouir, chez le poisson, d'un *indice de réfraction* supérieur à celui de ces deux pièces de l'œil des animaux terrestres, et par conséquent acquérir une plus grande densité. Aussi le cristallin des poissons est-il très-dur et très-compacte, sans cesser d'être transparent.

1684. Mais le *cristallin* ne diffère de l'*humeur vitrée* que comme le noyau diffère de la chair du fruit, c'est-à-dire que par une consistance plus grande; c'est un emboîtement plus interne et plus dur. Or si cette consistance se communiquait de proche en proche à tous les emboîtements qui constituent l'humeur vitrée, au lieu d'un *cristallin lenticulaire* enchâssé comme un chaton, dans la partie antérieure d'une *humeur vitrée* presque globulaire, l'œil soumis à la dissection anatomique n'offrirait qu'un cristallin énorme et sphérique, sans que rien eût été dérangé dans le type normal de sa structure. Et c'est ce qui est arrivé dans l'œil du poisson, chez lequel un plus grand nombre d'emboîtements se sont solidifiés et semblent occuper toute la place de l'*humeur vitrée*; car dans un milieu aqueux, l'œil sera d'autant plus clairvoyant que ses tissus réfringents auront plus de consistance, et les tissus arrivés à ce degré de consistance revêtiront une forme plus sphérique, qui est celle du cristallin de l'œil des poissons et des animaux qui habitent le même élément.

1685. Mais par la même raison, dans un milieu habituellement plus raréfié et plus inondé de lumière, les tissus réfringents devront jouir d'une moindre réfraction, et par conséquent affecter une moindre consistance et une moindre courbure; car autrement, au lieu de concentrer des rayons de lumière, l'œil concentrerait des rayons de feu, il brûlerait au lieu d'éclairer. Aussi chez l'insecte, dont l'œil sans paupières reçoit la lumière perpendiculairement, la lumière se tamise à travers un réseau corné, dont chaque maille hexagonale contient un cône tronqué, qui commence par une surface courbe et convexe, se termine au nerf optique, mais où tout est humeur vitrée et rien n'est cristallin.

En conséquence, ce n'est point le nombre des milieux réfringents qui est nécessaire à la vision, c'est la forme que prend l'ensemble de ces milieux; et leur différence anatomique ne provenant que de leur consistance, on conçoit que l'œil transmette tout aussi bien les images, alors qu'il n'entrera qu'un seul milieu réfringent dans son organisation; il suffira que la forme en soit comme taillée, au moins aux deux extrémités de l'axe, sur deux segments de sphère.

1686. Mais, après avoir ainsi réduit par la pensée la structure de l'organe de la vision à sa plus simple expression, on ne se refusera pas à admettre que la nature puisse en réduire à l'infini les dimensions, selon la taille des animaux; car la nature n'ira certainement pas placer l'œil du bœuf sur le front d'une grenouille. Or si la réduction des dimensions de cet organe a lieu dans les mêmes proportions que la réduction de la taille, il est évident que nous devrons rencontrer, dans la nature, des êtres vivants doués de la faculté de voir, sans que l'observation la plus minutieuse soit dans le cas de nous faire distinguer, sur aucun point de leur surface, rien qui ressemble le moins du monde à l'organe de la vision; car nos meilleurs microscopes ne sauraient nous faire distinguer ce qui échappe à la puissance de leur ampliation; et chez un animal de $\frac{1}{20}$ de millimètre de long, l'œil, qui ne saurait avoir, dans ce cas, plus de $\frac{1}{1400}$ de millimètre, est inabordable dès ce moment à l'ampliation de nos plus puissants microscopes. Cet organe se confondra donc aux yeux de l'observateur avec les tissus ambiants; tout au plus s'offrira-t-il avec l'aspect et les dimensions de l'un des plus petits globules, que les phénomènes de réfraction dessinent sur les surfaces éclairées des substances organisées: et si l'analogie ne vient pas au secours de l'observation, l'on sera porté à prononcer que l'animal est aveugle, parce que nous n'en distinguons pas les yeux.

1687. Mais il faut que ce soit l'analogie de position qui en indique la place à l'anatomie, et toutes les expériences destinées à la découvrir, par l'analogie des fonctions, ne seraient propres qu'à amener des résultats illusoires. C'est ainsi que Gaspard publia, il y a plusieurs années, dans le *Journal de Physiologie* de Magendie, des expériences qui avaient l'air d'être concluantes, et desquelles il serait résulté que les colimaçons sont dépourvus de l'organe de la vue, ou au moins que ces deux longues antennes, que la poésie a désignées sous le nom des deux longs télescopes du mollusque, n'étaient rien moins que les yeux de l'animal. L'auteur se fondait principalement sur ce qu'à l'approche des corps étrangers, ces deux organes restaient immobiles, et ne se replaient dans leur fourreau que par le contact. L'auteur confondait ici le sentiment de la vision avec celui de la prévoyance, en concluant que l'animal manquait du premier, parce qu'il ne poussait pas assez loin la perfection du second, pour deviner le piége, et découvrir la main hostile qui se cachait derrière l'obstacle. La dissection au contraire constate que l'extrémité de ces deux grandes antennes rétractiles s'enfle en un globe, qui porte en avant une *cornée transparente*, qui renferme un fort joli petit *cristallin*, et en arrière une *humeur vitrée* assez abondante, le tout protégé par une *choroïde* qui s'étend, comme un fourreau, jusqu'à l'insertion de l'antenne, et accompagne le nerf optique presque jusqu'à son origine; en sorte qu'ici la rétine, qui tapisse le fond de l'œil des mammifères, se trouve rangée sur les côtés et n'est nulle part en face de l'image. Tous les mollusques possèdent le même organe de la vision, et sur les gros céphalopodes il a un volume considérable; mais il est sessile. Chez les crustacés proprement dits, l'œil est pédiculé comme chez les mollusques, mais le pédicule en est osseux et crustacé, comme toutes les enveloppes du corps de ces animaux.

B. Étude chimique des diverses pièces qui rentrent dans la structure de l'œil des mammifères.

1688. La manière dont nous avons conçu la structure de l'œil, amène déjà à penser que la différence qui caractérise les divers emboîtements, que l'anatomie désigne sous tout autant de noms distincts, n'existe que dans le plus ou moins d'intensité du même caractère chimique; et c'est ce qui explique le vague, dans lequel est tombée la chimie de l'ancienne méthode, quand elle a voulu se rendre compte théoriquement des résultats de l'analyse. Celui qui aurait découvert la constitution chimique d'un nerf, serait dans le cas d'expliquer *à priori* en quoi diffèrent entre elles les diverses couches non vasculaires, que le scalpel parvient à isoler dans l'anatomie de l'œil. Mais nous sommes loin encore de voir réaliser cette hypothèse; et je pose en fait que sans le secours de l'anatomie, il serait impossible à la chimie de distinguer la substance nerveuse, à des caractères précis; celle-ci ne donne l'analyse d'un nerf, que lorsque l'anatomie lui a appris que c'est un nerf qu'elle analyse.

1689. Sclérotique. — Laissez macérer quelques jours le globe de l'œil dans l'eau, il gonflera, conservera sa dureté et sa résistance, il ne s'affaissera pas sur lui-même, comme lorsqu'on l'abandonne à l'évaporation de ses sucs. La macération ainsi prolongée permet de dépouiller la sclérotique de toutes les membranes qui adhéraient à sa paroi interne, et de l'obtenir à l'état de pureté qu'elle comporte; il suffit alors d'éventrer dans l'eau le

globe de l'œil, pour le vider, non-seulement de l'humeur aqueuse, du cristallin et de l'humeur vitrée, mais encore de la choroïde, des procès ciliaires et de l'*iris*. On constate de la sorte que cette enveloppe forme un tout continu avec la cornée transparente (*cn*), et une grande vésicule absolument imperforée. La figure 15, pl. 4, en offre une moitié obtenue par une section verticale; les parois n'offrent plus que les traces de l'adhérence des bords de l'iris (*ir*), et des procès ciliaires (*pr*). Cette enveloppe est cartilagineuse, consistante, épaisse de $2\frac{2}{3}$ de millim. et sur la *cornée transparente* de 2 millimètres seulement. Par la dessiccation spontanée à la température ordinaire, elle prend l'aspect de toute substance nerveuse desséchée, et celle d'une substance cornée de mince épaisseur. Elle ne se racornit pas, elle ne s'affaisse pas, et conserve sa forme sphérique; elle perd sa primitive blancheur et devient brunâtre et opaque, mais sa cornée transparente transmet les rayons lumineux à la manière de la gélatine. La macération au contraire augmente la blancheur de la sclérotique et diminue de plus en plus la diaphanéité de la cornée transparente, surtout si la cornée transparente a été détachée de la sclérotique, ou intéressée dans la solution de continuité; phénomène dont on se rendra facilement compte, par tout ce que nous avons développé, sur les phénomènes de réfrangibilité qu'offrent les substances organisées (375). En effet la diaphanéité de cet ordre de substances provenant de l'analogie qui existe, sous le rapport de leur *indice* de réfraction (366), entre la paroi des cellules qui forment la trame de leur tissu, et les liquides qui rendent ces cellules turgescentes, dès que ces liquides s'étendront d'eau, il s'établira une différence de pouvoir réfringent entre eux et la paroi qui les enveloppe, et les rayons lumineux seront déviés de leur route, en passant alternativement des parois dans les liquides et des liquides dans les parois; l'organe deviendra laiteux, de diaphane qu'il était, et il sera tout à fait opaque, quand ses liquides propres auront été entièrement remplacés par l'eau ambiante qui se sera infiltrée en leur lieu.

1690. A la distillation sèche et humide, la sclérotique se comporte comme tous les tissus nerveux; elle répand la même odeur, fournit les mêmes produits. L'ébullition prolongée la transforme en colle, surtout si l'eau est aiguisée d'acide acétique. L'acide hydrochlorique la fait contracter à froid, la dissout à chaud en apparence, c'est-à-dire en désagrége les molécules. L'acide sulfurique a racorni et la noircit à la longue.

1691. Si la *cornée transparente* forme avec la *sclérotique* un seul et même tout, comment se fait-il que la première soit si transparente et l'autre si opaque? La théorie vésiculaire nous fournit les moyens de concilier ces deux faits en apparence contradictoires. Nous avons vu que le nerf n'est pas un cordon unique, mais un emboîtement de cordons que nous distinguons à l'œil nu, parce qu'ils sont d'assez gros calibre, mais que l'analogie, telle que nous l'avons définie (779), doit nous montrer emboîtés en nombre plus ou moins grand, dans les troncs nerveux qui se prêtent le plus à l'observation. Mais la sclérotique n'est que l'expansion de l'emboîtement cortical du nerf optique; elle n'en diffère qu'en ce que son développement a eu lieu, non en longueur, mais sous la forme sphérique, sous la forme vésiculaire; c'est une grande cellule, avec tous les éléments qui rentrent dans la structure d'une cellule organisée, que cette cellule soit de gros calibre ou microscopique, différences relatives et dont nous diminuons l'importance, en augmentant la puissance amplifiative de nos moyens de vision; or ces éléments sont la cellule sphérique et la cellule allongée, la cellule apte à engeudrer dans son sein, et la cellule apte à se développer dans les interstices des autres cellules. Le nerf est, avons-nous dit (1610), une cellule de ce dernier genre, une cellule qui tend à s'allonger indéfiniment et à se reproduire par sa périphérie. Supposons qu'à la naissance de la vésicule qui doit former le globe de l'œil, il se développe une rangée de ces vésicules fibrillaires et nerveuses; celles-ci, en se développant par des dichotomies à l'infini, tapisseront nécessairement toute la capacité de la vésicule sans aucune lacune, et peut-être serviront, par ce développement même, à déterminer la forme du globe, à le modeler pour ainsi dire. Quoi qu'il en soit, arrivées à une certaine hauteur et arrêtées tout à coup toutes à la fois par l'influence de la lumière, à laquelle s'arrêtent tous les développements nerveux, la limite qu'elles atteindront sur la paroi d'un organe sphérique devra être tracée par une ligne circulaire qui serait la base d'un cône dont le nerf optique serait le sommet; cette surface circulaire serait la *cornée transparente*, et celle-ci serait transparente, parce que le tissu ne se composerait que de cellules de même diamètre et de même élaboration; la sclérotique serait opaque, parce qu'elle renfermerait à la fois des cellules hexagonales et des

cellules interstitiales, à peu près comme un globe de verre que l'on tapisserait de fils contigus, depuis un des pôles jusqu'au cercle polaire du pôle opposé.

1692. On conçoit de la sorte que tout événement qui altérera l'homogénéité de la substance de la cornée, en altérera la transparence, et s'opposera par conséquent à la vision distincte. Une seule goutte de larme ou d'eau ordinaire suffira même pour produire cet effet.

1693. En résumé, la cornée transparente renferme plus de substance liquide que de substance solide, plus d'albumine non organisée que d'albumine organisée en tissu; c'est le contraire pour la sclérotique.

1694. La choroïde est une membrane éminemment vasculaire; le liquide de sa circulation ne se distingue du liquide sanguin, qu'en ce que la matière colorante, le *caméléon organique*, est noir chez le premier et rouge chez le second; cette différence une fois éliminée, on y trouve l'albumine dissoute et le précipité globulaire d'albumine, tous les sels enfin qu'on trouve dans le sang; nous nous contenterons de renvoyer à ce sujet nos lecteurs à l'analyse des liquides circulatoires. Les physiologistes ont pensé que la matière noire tapissait la choroïde, et ils l'ont désignée sous le nom de *pigmentum;* leur erreur est provenue de ce que ce liquide s'échappant sous la compression qu'ils exerçaient, ce phénomène, observé à l'œil nu, leur a offert une certaine analogie avec les produits que l'on obtient, lorsqu'on promène le tranchant du scalpel sur une surface enduite seulement d'une matière colorante. Mais la nature n'a pas recours aux procédés des peintres en bâtiment, pour colorer les surfaces des organes; elle ne les badigeonne pas; elle ne les enduit pas d'un vernis; elle fait circuler la coloration dans le tissu des surfaces, et ceci est un principe général qui ne souffre aucune exception.

1695. Rétina. La rétine est à la choroïde ce que la paroi est à une couche quelconque; et sans le rôle que Descartes a prêté à cette paroi, il est infiniment probable que les anatomistes ne l'eussent jamais décorée d'un nom particulier. Mais une fois que le physicien l'eut proclamée l'agent immédiat de la vision, l'écran de la chambre obscure, le chimiste dut ne pas rester en arrière et lui apporter le tribut d'une spéciale investigation. Cependant Lassaigne est le seul qui ait cherché à s'acquitter de cette tâche, sur l'invitation de Magendie. Mais avant de procéder à cette analyse, le chimiste n'a pas songé à demander à l'anatomiste, par quel procédé on a pu venir à bout de séparer la *rétine* de la *choroïda*, à un état de pureté, dont l'analyse ne saurait se dispenser en aucune circonstance; car, pour nous, il nous serait impossible d'isoler la *rétine*, sans emporter une grande épaisseur de la *choroïde;* la rétine, étant une simple surface, doit être toujours rétine d'un côté et choroïde de l'autre. Nous avons signalé plus d'un tour de force de l'ancienne méthode; mais analyser une surface c'est au-dessus de tout ce que nous aurions pu attendre de ses hardies opérations. Quoi qu'il en soit, la *rétine* occupant, dans l'acte de la vision, le haut rang que Descartes lui avait assigné, la physiologie ne pouvait se dispenser de démontrer que la rétine participait de la nature chimique des nerfs. Aussi Lassaigne a-t-il trouvé qu'elle avait exactement la même composition que la substance médullaire du cerveau, mais qu'elle renfermait à peine $\frac{1}{100}$ de graisse, dont une partie est phosphorée et ne se laisse point saponifier, tandis qu'une autre consiste en graisse saponifiable. D'après lui, la rétine contiendrait 92,90 parties d'eau, 6,25 d'albumine, et 0,85 de graisse; tandis que le nerf optique ne contiendrait que 70,56 parties d'eau, 22,07 d'albumine, et 4,40 de graisse phosphorée non saponifiable. Or nous ne voyons pas, en nous basant sur cette analyse, où se trouve l'analogie de la rétine et de la matière cérébrale; nous ne concevons pas comment, d'une surface seule, l'auteur a obtenu des quantités susceptibles d'être soumises aux procédés de la saponification; enfin, en adoptant, comme des formules, les nombres assignés par Lassaigne à la composition chimique de la rétine, rien ne serait plus aisé que de démontrer l'existence de la rétine, dans une foule de tissus cellulaires de l'adulte, et dans presque tous les tissus de l'embryon.

1696. Nous proposons un autre tour de force à l'ancienne méthode : c'est d'analyser comparativement les surfaces de la rétine, qui présentent entre elles des différences de coloration. Car la rétine, que est noire, immédiatement après l'insertion des procès ciliaires sur la choroïde, devient gorge de pigeon sur la zone médiane, et d'un blanc verdâtre brillant tout autour de la région qui recouvre le nerf optique. Elle forme là une tache jaune chez l'homme et le singe, et une tache beaucoup plus grande, qui prend le nom de *tapis*, chez le bœuf et les animaux à pupille oblongue. Or, par la même raison que la chimie dis-

tingue la rétine de la choroïde, elle doit chercher à trouver une différence distinctive entre le *tapis* et sa large auréole noire.

1697. Iris. — L'iris étant un des deux prolongements antérieurs de la choroïde (1665), ne diffère de cette dernière membrane, sous le rapport ni de la structure ni de la composition. Il est, comme celle-ci, un tissu nerveux et musculaire, éminemment vasculaire; ses vaisseaux sont alimentés par le même sang que ceux de la choroïde, sang noir sur la surface obscure et postérieure, sang coloré de diverses nuances, là où la lumière le pénètre et l'hématose, c'est-à-dire sur la surface antérieure de ce diaphragme. Berzélius ayant soumis à l'analyse de l'ancienne méthode ce diaphragme, n'y a vu qu'un muscle destiné à agrandir ou à rétrécir la pupille, suivant le besoin qu'on a de la lumière. Il a fondé cette opinion sur ce que, dit-il, l'iris n'est formé que de fibres réunies, qui se rendent du centre à la circonférence, et qui sont de nature fibrineuse, sur ce que l'acide acétique et la potasse caustique le réduisent d'abord en gelée, puis le dissolvent en tout autant de liquides, qui donnent des réactions parfaitement semblables à celles de la chair musculaire. Mais nous avons déjà déterminé (1659) la structure réelle des prétendues fibres que signale Berzélius; et quant aux dissolutions de potasse et d'acide acétique, citez-nous un tissu animal qui, avec ces réactifs, ne se comporte de la même manière?

1698. Procès ciliaires (1669). — La membrane, à laquelle les anatomistes ont donné le nom de *procès ciliaires*, est un second diaphragme qui pourrait porter, avec bien plus de raison, le nom de second iris, ou iris postérieur; car il n'en diffère que par la mince épaisseur et par l'égale coloration de ses deux surfaces, qui sont toutes deux plongées dans l'ombre de l'*iris* proprement dit; sous tous les autres rapports de structure, d'origine et de composition chimique, les *procès ciliaires* ont tous les caractères de l'*iris*.

Les physiologistes attachent une grande importance à déterminer l'usage des diverses parties de l'œil, isolées, par la pensée, de toutes les autres pièces. Ils se sont demandé à quoi servaient les *procès ciliaires*; les uns ont soutenu qu'ils servaient principalement à la sécrétion de l'humeur aqueuse; d'autres qu'ils entretiennent la vie et le mouvement dans le cristallin et l'humeur vitrée; mais ces opinions ne s'appuient sur aucune expérience directe; elles ont le mérite d'être assez vagues, pour ne comporter aucun genre de réfutation. Un organe étant une unité harmonieuse, tout ce qui rentre dans sa structure contribue à en entretenir la vie et le mouvement; enlevez-en la plus petite pièce, et vous en troublez les fonctions générales, et vous le frappez quelquefois de mort.

1699. Humeur aqueuse ou humeur contenue dans les deux chambres antérieures de l'œil. — D'après Chenevix, la pesanteur spécifique de l'humeur aqueuse serait de 1,0033 chez l'homme, de 1,0038 chez le bœuf, et de 1,0090 chez la brebis. Mais comme on ne saurait expérimenter qu'après avoir mis ce liquide en contact avec l'air extérieur, et qu'on n'opère que sur des quantités minimes, il n'est pas permis d'ajouter la moindre confiance à ces différences qui se montrent ici sur la troisième décimale.

D'après Berzélius, l'humeur aqueuse se composerait de :

Chlorure de soude, avec une faible trace d'extrait alcoolique (lactate). . . .	1,15
Matière extractive soluble seulement dans l'eau	0,75
Eau	98,10
Albumine, des traces.	
	100,00

La matière extractive soluble seulement dans l'eau est évidemment la même matière que l'albumine, dont le chiffre s'élèverait alors à 0,75 sur 100.

1700. Cristallin. — Le cristallin, d'abord mou et aqueux, acquiert de plus en plus, avec l'âge, une consistance plus ferme, qui, chez le vieillard, prend le caractère de la dureté; il revêt alors une couleur jaunâtre. Quand, par suite d'un accident ou d'une maladie, vient à disparaître ou à s'altérer l'homogénéité de réfraction des sucs et du tissu qui les renferme, le cristallin devient opaque en tout ou en partie; il est un obstacle à la vision; il est nécessaire de l'extraire ou de le déplacer par l'opération de la cataracte, pour que les emboîtements internes de l'*humeur vitrée* puissent en prendre la place, et que la vision se rétablisse. Dans l'embryon, il renferme du sucre, qui disparaît chez l'adulte. Encore humide, il dévie la lumière, et rend, par transmission des rayons lumineux, les images aussi nettes qu'une lentille de verre, dont il a la forme. Exposé à l'air, on le voit peu à peu perdre sa diaphanéité, par suite de l'évaporation des molécules aqueuses de sa surface; mais arrivé au point d'une complète dessiccation, il acquiert une dureté qui résiste aux instruments tranchants, et reprend sa transparence avec une

coloration jaune d'or. Les acides commencent par le rendre laiteux et opaque ; l'acide hydrochlorique le dissout en grande partie, et passe, en l'attaquant, par toutes les nuances qui commencent au purpurin, et finissent au bleu. L'acide nitrique, à l'air, le colore en beau jaune (pl. 2, fig. 20), l'exfolie en emboîtements indéfinis, l'attendrit et en réduit la substance en matière pultacée. Chacun de ces emboîtements se résout en fibres nerveuses, qui partent de l'un de ses pôles à l'autre, ce qui achève de démontrer (1607) que la structure fibrillaire et convergente qui caractérise l'organisation nerveuse se répète jusqu'au dernier, sur tous les emboîtements concentriques du globe de l'œil. Dans l'eau, le cristallin s'étend sans se décomposer, et sans offrir de traces de fermentation putride, par la dissolution de ses emboîtements externes, en sorte qu'au bout de vingt-quatre heures, il s'est formé, sur sa surface supérieure par position, une nouvelle humeur vitrée. Si on enlève celle-ci et qu'on la remplace par une nouvelle quantité d'eau, il se forme de nouveau une humeur vitrée qui provient de la dissolution d'une couche nouvelle du cristallin. Ces phénomènes s'observent bien sur le cristallin humain, mais encore mieux sur le cristallin de bœuf. L'eau bouillante enlève au cristallin sa transparence, elle en coagule l'albumine encore plus que celle-ci ne l'était par les progrès de son organisation.

Berzélius en donne l'analyse suivante :

Matière particulière, coagulable, albumineuse	35,9
Extrait alcoolique avec sels	2,4
Extrait aqueux avec traces de sels. .	1,5
Membrane formant la cellule . . .	2,4
Eau.	58,0
	100,0

D'après l'auteur, la première substance n'est point de la fibrine, parce qu'elle ne se coagule pas spontanément à l'air ; elle ne serait pas de l'albumine, parce que, par la chaleur, dans l'eau, elle ne se coagule pas en masse, que seulement elles s'y grumèle, comme la matière colorante du sang ; d'où l'auteur conclut qu'il existe la plus grande analogie entre cette substance si incolore et la substance colorante du sang ; à peu près comme si l'on assurait, en physique, qu'il existe la plus grande analogie entre le blanc et le rouge ; l'ancienne méthode n'échappe jamais à des résultats de ce genre. Pour réfuter une pareille distinction, il suffira d'observer comparativement la coagulation du lait et celle de cette substance, et ensuite de battre l'albumine de l'œuf avec de l'huile et de verser le mélange dans l'eau bouillante, et au lieu de l'une de ces coagulations que recherche la chimie pour reconnaître l'albumine, on n'aura plus devant les yeux qu'un *grumelage*, faux indice d'une substance *sui generis*.

1701. Toutes ces proportions réelles, ou prétendues, alors même qu'elles se rattacheraient à des substances moins vaguement désignées et moins confuses, varieront selon l'âge, les individus, et surtout selon les espèces animales.

1702. Si l'on veut se donner la peine de confronter entre elles les diverses analyses que l'ancienne méthode de chimie organique nous a prodiguées, on trouvera que toutes mentionnent hardiment l'existence de l'albumine, de la fibrine et des membranes cellulaires ; et qu'elles laissent, dans le vague le plus complet, les sels et ce qu'elles désignent sous le nom d'extrait ; or comme les différences, qui distinguent les substances organisées, doivent se rencontrer quelque part, on ne saurait les supposer que dans les *incertæ sedis* de l'analyse ; mais alors on est forcé d'avouer que la chimie, après des analyses nombreuses, a fini par ne rien distinguer. L'anatomie nous offre des caractères précis dans la position et la configuration de l'organe ; la chimie commence par mettre ces formes au pilon, et elle nous rend des extraits et des liquides qui se ressemblent tous ou ne ressemblent plus à rien. Changeons de méthode, et puisque dans la nature animale tout est albumine et fibrine, unie à des sels indéterminés, portons toute notre attention sur l'étude de ces sels ; car il est probable que c'est là que se trouveront les caractères distinctifs, les différences organiques.

1703. Humeur vitrée (1670). — L'humeur vitrée n'est qu'un cristallin plus aqueux, de même que le cristallin n'est que l'humeur vitrée condensée au contact plus immédiat de la lumière. La première est le tissu à sa première période ; le second est le tissu arrivé à sa dernière phase d'organisation. L'humeur vitrée extraite de la sclérotique, dont elle occupe la plus grande partie de la capacité, s'offre comme une sphère élastique, tremblotante, qui s'affaisse sur elle-même, mais de manière que le cristallin, dans toutes les positions, occupe le centre du gâteau affaissé (pl. 4, fig. 16) ; elle semble imputrescible à l'air, et répand seulement une odeur légèrement cadavérique. Déposée dans l'eau, elle s'y comporte comme l'albumine de l'œuf de poule (1501) ; elle y perd peu à peu sa transparence ; et si on agite le liquide, il devient tout à coup laiteux, par la même raison. Dans l'alcool, toutes les couches externes se coagulent

et perdent leur transparence, et la coagulation gagne de proche en proche, à mesure que l'alcool pénètre dans les couches intérieures de ses emboîtements. Dans l'eau bouillante, le tissu crève et se contracte, il se réduit de plus en plus, et finit par n'occuper qu'un très-petit volume, l'eau s'emparant de toute la portion qu'elle est en état de dissoudre; le liquide conserve sa transparence. D'après Berzélius elle renfermerait :

Chlorure de soude (sel marin) avec un peu de matière extractiforme. .	1,42
Substance soluble dans l'eau. . .	0,02
Albumine.	0,16
Eau.	98,40
	100,00

Qu'est-ce que la substance soluble dans l'eau? y est-elle dissoute, ou à l'état de suspension (27)? Ne serait-ce pas de l'albumine rendue soluble par le sel marin ou par un acide en faible quantité? Qu'est-ce que la matière extractiforme? tout ce que l'on voudra, excepté quelque chose de distinct de tout le reste. Du reste, cette analyse ne donne que les produits trouvés dans la solution, et ne mentionne aucunement la portion insoluble, celle qui forme la charpente de l'organe, celle dont les mailles renferment les substances liquides, et ne s'en dépouillent que par le déchirement. Mais, d'après les principes que nous avons bien des fois établis, dans le cours de cet ouvrage (1322), il est évident que l'analyse ci-dessus est loin d'avoir laissé ce tissu réduit à ses simples parois, et il doit renfermer, après les plus longs lavages, une quantité considérable de substances, que les réactifs employés par l'auteur n'ont pas même dû entamer; la consistance gélatineuse de la substance le prouve suffisamment. Or, sous le rapport de la vraie chimie, c'est-à-dire sous le rapport physiologique, la substance dont l'analyse ne s'est pas occupée est précisément la substance essentielle et d'un intérêt principal; et les deux ou trois principes que mentionna l'analyse n'en sont que de faibles accessoires et que de minimes fractions.

C. Mécanisme de la vision (*).

1704. Descartes est le premier qui ait cherché à se rendre compte de la manière selon laquelle notre œil percevait les images des objets extérieurs. Il prit un œil de bœuf nouvellement tué, en enleva la portion de la *sclérotique* (1663), de la *choroïde* et de la *rétine* (1664), qui est diamétralement située en face de la cornée transparente (1639); il recouvrit l'ouverture par la pellicule d'un œuf, pour contenir l'humeur vitrée, sans s'opposer à la transmission des rayons lumineux. Il plaça cet œil ainsi préparé à l'ouverture du volet d'une chambre obscure, la cornée transparente en dehors et la cicatrice en dedans, et il vit alors les images des objets extérieurs se peindre sur la pellicule de l'œuf qui recouvrait l'*humeur vitrée*, mais s'y peindre d'une manière renversée (pl. 4, fig. 24). D'où il conclut que les images se peignaient sur la rétine, dont la pellicule de l'œuf tenait la place, mais s'y peignaient en sens inverse de l'objet.

1705. Dès ce moment la rétine, cette simple surface de la choroïde, joua un grand rôle, le rôle de l'organe le plus important de la vision. Haller répéta l'expérience avec des yeux de jeunes chiens, de jeunes pigeons, de lapins, dont toutes les membranes de l'œil sont transparentes, et dont par conséquent il n'avait besoin de rien enlever, pour mettre le phénomène en évidence; et il vit très-bien les images des objets extérieurs fortement éclairés, se peindre, d'une manière renversée, sur la surface de la sclérotique, qui est opposée à la cornée transparente. Lecat construisit un œil artificiel, dont la sclérotique et le cristallin étaient en verre, et les humeurs aqueuses et vitrées étaient représentées par de l'eau pure; et il vit les images se peindre, sur son œil artificiel, exactement de la même manière que sur les yeux naturels.

1706. En conséquence, il fut démontré que nous voyons les objets, dans une position inverse à leur position réelle, et que la rétine était l'écran, la table rase, sur laquelle les images venaient se peindre, avec leurs mille nuances et leurs mille proportions, comme sur la toile du peintre. Cette théorie dut paraître d'abord singulière, mais l'expérience était là; il fallait croire ou expliquer. On a cru pendant deux cents ans, et on a professé la théorie dans toutes les écoles, sans soupçonner la moindre méprise; et pendant ce laps de temps considérable, les explications n'ont pas manqué. — Selon Buffon, l'âme redressait, par l'habitude de la perception, les images qui se trouvent renversées dans la sensation; ce qu'il faudrait nécessairement admettre comme un fait, si le phénomène avait lieu ainsi que l'auteur l'imagine avec Descartes. Mais pourtant les aveugles de naissance, à qui l'on rend la vue par l'opération de la cataracte, voient les objets à la même place que nous, dès l'instant que le voile tombe et que

(*) *Gazette des hôpitaux*, 2 août, 17 septembre et 4 octobre 1836.

la nature extérieure se révèle à eux. Comment concevoir que l'habitude de redresser une telle erreur s'établisse avec une telle promptitude? Voyez combien il faut de temps pour que cet aveugle guéri s'accoutume à juger des distances et des reliefs par le jeu des ombres! Si l'âme met tant d'empressement à corriger par le raisonnement une erreur de position, pourquoi tarderait-elle tant à corriger une erreur de clair-obscur, erreur d'une bien moindre importance? —Berkley avait imaginé une explication plus ingénieuse, en avançant que, puisque d'après la théorie nous voyons tous les objets renversés, nous devons nous voir renversés nous-mêmes, mais qu'alors rien n'est plus renversé, par cela seul que tout est renversé, objets et spectateurs. Cette explication pourrait suffire, si, pour juger de la position relative des corps, nous n'avions à consulter que le témoignage de la vue; mais le toucher, qui sent les objets à leur place naturelle, se trouverait de la sorte en contradiction continuelle avec la vue; l'aveugle de naissance, dès les premiers instants qu'il voudrait jouir de sa nouvelle conquête, devrait se voir porter les mains en haut, quand les yeux fermés il aurait le sentiment intime qu'il les porte en bas; et le toucher lui apprendrait ainsi à chercher le bas et le haut à une place toute différente de celle que lui indique la vue.

1707. Les physiologistes qui se sont attachés à discuter les deux précédentes explications, en ont totalement perdu de vue une, qui est la première en date, car elle émane de Descartes, et qui est la plus satisfaisante, car elle est fondée sur une loi de la sensation lumineuse. Quoique les images se peignent sur la rétine d'une manière renversée, disait Descartes, nous ne voyons pas pour cela les objets renversés. Car nous ne voyons les objets que dans le prolongement des rayons qui arrivent immédiatement à notre vue (586); or admettons que la flèche (*ba*, fig. 23, pl. 4), vienne se peindre sur la rétine en sens inverse de sa position (*a'b'*); en vertu du principe précédent, le point de la rétine affecté par *b'*, transportera nécessairement ce sommet de l'image à la base (*b*) de l'objet; le point de la rétine affecté par (*a'*), transportera de la même façon cette base de l'image au sommet (*a*) de l'objet, et nous verrons ainsi l'objet à sa position naturelle, au moyen d'une image renversée. Mais pour cela il fallait admettre que dans une région quelconque du globe de l'œil il s'opérât un entre-croisement des rayons lumineux capable de renverser les images sur la rétine; Descartes admettait par hypothèse que cet entre-croisement s'opérait dans et par le pouvoir réfringent du cristallin (*cn*, fig. 23), en sorte que là, le cône lumineux venu du sommet de l'objet (*a*) était dévié vers la base de la rétine (*a'*), et le cône lumineux venu de la base (*b*) de l'objet était dévié vers le sommet (*b'*) de la rétine (*r*). Cette explication certainement eût été la seule admissible, si la théorie de la vision donnée par Descartes avait été établie sur une expérience rigoureusement interprétée. Mais la théorie en elle-même n'en aurait pas moins été impuissante à rendre raison de la perception des images; et voici les objections les moins réfutables qu'on aurait pu lui opposer.

1° Les images se peignant sur une surface concave et dont la courbure varie, selon les compressions qu'éprouve l'œil dans ses divers déplacements, ces images seraient déformées de mille et mille manières, en sorte que l'objet nous aurait semblé changer mille et mille fois de formes, selon les inclinaisons sous lesquelles nous l'aurions considéré; à peu près comme ces objets informes que nous voyons se peindre et se redresser, par la réflexion d'un miroir cylindrique, placé verticalement au-dessus d'eux. Or l'expérience démontre le contraire.

2° Si les objets, pour être vus, avaient eu besoin de se peindre sur la surface de la rétine, et que la rétine eût été à la fois le tableau et le sens, l'organe de la sensation et celui de la perception, il est évident qu'il nous serait impossible de percevoir la moindre image complète, d'avoir le sentiment de la moindre unité. Supposez en effet qu'un édifice vienne se peindre sur cette toile voyante; chaque molécule de l'organe aura nécessairement le sentiment de la portion de l'image qui la recouvre; celle-ci aura pour sa part une fraction d'une fenêtre, celle-là la fraction d'une porte, une autre une fraction du mur, etc. Mais où sera la molécule qui, combinant toutes ces fractions ensemble, aura le sentiment de l'ensemble, la perception de l'unité? Il serait absurde d'en assigner la place quelque part sur la surface de la rétine; car autrement il faudrait supposer que la même molécule fût recouverte, comme de tout autant de couches de couleurs, de toutes les fractions qui, en s'ajoutant côte à côte et bout à bout, forment la mosaïque, pour ainsi dire, de l'image. En sorte que dans l'expérience de Descartes l'image ne se montrerait nulle part. Donc on est forcé de chercher l'organe de la vision ailleurs que sur la rétine; la rétine, dans l'hypothèse cartésienne, ne saurait faire l'office que d'une toile,

que d'un miroir ; mais un miroir réfléchit et ne perçoit pas.

3° Cherchons donc ailleurs, dans le globe de l'œil, le point qui serait appelé à percevoir cette image. La rétine n'étant que la surface de la choroïde qui est opaque et épaisse, le point voyant ne saurait se trouver dans l'épaisseur ou sur la paroi postérieure de celle-ci. La rétine, étant la paroi d'une concavité, ne saurait être assimilée, sous le rapport de la réflexion des images, qu'à un miroir concave ; or le foyer d'un tel miroir concave ne saurait se trouver que sur l'axe de l'œil qui passe par le centre de la pupille et aboutit au nerf optique ; mais il faudrait alors que ce foyer fût réduit à un point presque imperceptible, pour qu'il ne formât pas obstacle aux rayons incidents qui arrivent de la pupille sur la surface de la rétine ; or, comme les rayons incidents arrivent sous différents angles, et que la rétine se tapisserait d'images de divers foyers, il s'ensuit que les foyers deviendraient si nombreux, qu'ils formeraient une espèce de diaphragme, lequel arrêterait au passage les rayons lumineux ; en sorte que l'œil serait organisé de telle sorte, que nous ne saurions rien voir de distinct et de durable (*).

4° Ensuite si la vision n'a lieu que sur un point où convergent les rayons lumineux, et si le mécanisme en est analogue aux lois de l'optique, telles que nous les constatons avec nos appareils de réfraction et de réflexion, pourquoi la nature, qui complique si peu ses procédés, aurait-elle eu recours à la catoptrique, quand, avec la dioptrique, elle aurait pu obtenir un résultat si net et si prompt? Pourquoi recourir à la réflexion des images, avec un appareil construit pour la réfraction? pourquoi un miroir concave appliqué sur une lentille, quand la lentille peut suffire à la vision? pourquoi placer le foyer sur le milieu de l'axe de la vision, quand il pourrait l'être avec tant d'avantages au foyer ordinaire d'une lentille sphérique, et en dehors ou sur les limites de sa substance?

5° Chez les oiseaux de haut vol, dont la vue porte si loin, et par conséquent dont l'organe de la vision doit être d'une structure si perfectionnée, la rétine est plissée de telle manière que les plis font une saillie de plusieurs lignes dans la substance de l'*humeur vitrée*, qui se moule sur eux et prend leur contre-empreinte. Desmoulins et Magendie avaient avancé que ces plis sont dans le cas de donner à l'oiseau la faculté de voir distinctement de loin et de près; mais nous ne savons en vérité pas sur quel principe d'optique ils avaient établi l'existence de cette cause finale; car tous les principes de la catoptrique démontrent que la moindre éraillure du miroir suffit pour altérer la pureté de l'image, et que, par conséquent, avec un miroir travaillé par des ondulations, toute espèce de vision serait impossible. Mais ces oiseaux voient mieux que tous les autres; donc ce n'est pas avec leur rétine qu'ils perçoivent les images.

6° Enfin si la rétine était le miroir et en même temps le *sensorium* de l'image; si elle en avait la conscience en même temps que l'impression; par son analogie avec les miroirs concaves, elle devrait percevoir à la fois une foule incalculable d'images du même objet; car, par suite du rayonnement des points lumineux, le même objet enverra des images sur toute la surface du miroir qui est susceptible d'être éclairée par la pupille; nous serions *multiplopes*, si je puis m'exprimer ainsi, et un seul objet nous ferait voir une forêt d'objets semblables.

1708. En résumé, le mensonge que Descartes prêtait à la nature est inadmissible; la nature ne procède en rien avec de semblables caprices; elle ne prend pas plaisir à nous persuader que nous voyons blanc, quand elle nous fait voir noir, et que nous voyons en bas ce qu'elle nous montre en haut. En cette circonstance, ce n'est pas la nature qui a menti, c'est l'expérience qui a été faussement interprétée par Descartes et par tous ceux qui l'ont répétée après lui.

1709. En effet, Descartes place l'œil préparé comme ci-dessus (1704) au volet d'une chambre obscure, et en face d'une chandelle allumée; il l'observe dans l'intérieur de la chambre obscure, ET A DISTANCE, et il voit la chandelle se peindre à la place de la rétine, mais la flamme en bas et le corps en haut. Le fait est positif, et il se présente de la même manière, sans que l'œil ait été entouré de tant de précautions, et alors même que l'*humeur vitrée* fait une certaine hernie, et que l'organe est tassé et affaissé sur lui-même. Mais

(*) *Dell' Acqua*, de Pavie, *Annal. univers. di medic.* de Milan, mars 1835, avait admis l'opinion que nous voyons les objets à leur position, en considérant la rétine comme un miroir concave. Car, disait-il, puisque par l'expérience de la chambre obscure, et en pratiquant l'ouverture artificielle sur la voûte supérieure de la sclérotique, les images nous paraissent renversées, c'est une preuve qu'elles sont droites sur la rétine qui est concave. Cet auteur est celui qui s'est rapproché le plus de la vérité que nous allons démontrer, mais il n'est pas arrivé à la solution, parce qu'il a pris pour point de départ, et comme incontestable, l'hypothèse de Descartes, sur le rôle imaginaire de la rétine.

l'erreur est tout entière dans la conséquence que la physiologie a déduite de l'expérience; on a conclu, en effet, que ce qu'on voyait à distance, la rétine le voyait de la même façon; on a perdu de vue qu'en fait d'optique tout change avec les distances, que la distance est la donnée principale de tout problème d'optique; et il n'est venu dans l'esprit d'aucun observateur de se rapprocher de l'œil qui sert à l'expérience, de manière à substituer son œil propre à la rétine de l'œil préparé, et de se placer pour regarder les objets extérieurs, au même point où se trouve placé l'organe que l'on suppose être le miroir et le foyer de la vue distincte. Si cette idée si simple et si naturelle s'était présentée à Descartes, il est certain que la science n'aurait pas enregistré un seul instant la théorie qui, pendant deux cents ans, a soulevé tant d'inutiles discussions; et la rétine, cette couche indéterminable de la choroïde, aurait reçu à peine un nom distinct.

1710. Car le globe de l'œil, dans cette expérience, fait l'office d'une lentille biconvexe (402) ou irrégulièrement sphérique, d'une sphère aplatie par les deux pôles. Or placez une lentille biconvexe au volet d'une chambre obscure, en face d'une chandelle ou d'un objet fortement éclairé, en vous tenant, pour en recevoir l'image, à la distance où se sont constamment tenus les observateurs: vous verrez la chandelle se peindre renversée sur la surface postérieure de la lentille; mais approchez votre œil de cette surface; placez votre œil au foyer de cette lentille, et vous verrez l'objet, grossi à la vérité, mais dans sa position naturelle, si l'objet se trouve à la distance focale de la lentille; et avec une loupe ordinaire (425) de quelques pouces de foyer, chacun pourra se donner le plaisir de cette réfutation de la théorie, réfutation que les premières notions d'optique indiquaient assez haut. Eh bien! si l'observateur, au lieu de se placer à la distance (*d*, pl. 4, fig. 24), pour observer l'image du trait éclairé (*f*), par la transmission des rayons lumineux à travers le globe de l'œil de bœuf, avait placé sa propre cornée transparente contre la surface de l'humeur vitrée, et au point indéterminé que l'on peut supposer être le foyer de cette lentille organisée, c'est-à-dire en (*d'*); l'observateur aurait vu la flèche éclairée (*f*), à la position qu'elle occupe en dehors, et plus ou moins grossie, selon l'affaissement du globe de l'œil; car nous avons suffisamment établi (437) plus haut qu'au delà du foyer d'une lentille les images sont renversées.

1711. Il est donc évident que nous percevons les images des corps à travers nos yeux, par le même mécanisme que nous percevons les images à travers une lentille de verre, c'est-à-dire par la convergence des rayons réfractés vers un foyer commun, foyer qui est un point *percevant*, un point pour ainsi dire mathématique, lequel n'est que l'intersection d'un nombre indéfini de lignes à la fois. Tout ce que nous voyons, nous ne le voyons que par un point; ce point est la conscience de la perception; mais nous ne saurions avoir le sentiment de l'unité de cette manière, que par suite d'une convergence; tout mécanisme qui s'exécute par divergence rendrait impossible toute espèce de perception (*).

1712. NOUS VOYONS DONC LES OBJETS DANS LEUR POSITION NATURELLE; L'OPINION CONTRAIRE ÉTAIT FONDÉE SUR UNE ERREUR D'OBSERVATION. LES IMAGES DES OBJETS NE SE PEIGNENT PAS, ELLES SE PERÇOIVENT; LA RÉTINE N'EST PAS UN MIROIR, MAIS UNE PAROI AMBIANTE; L'ORGANE PERCEVANT DOIT SE TROUVER AU FOYER DU SYSTÈME LENTICULAIRE, DONT L'ŒIL EST FORMÉ; C'EST ASSEZ ÉTABLIR QU'IL DOIT SE TROUVER A LA HAUTEUR DU NERF OPTIQUE, OU SUR L'AXE QUI TRAVERSE LA CORNÉE ET LA PUPILLE.

1713. L'œil fonctionnant en vertu des mêmes lois que nos instruments d'optique, poursuivons l'analogie, et cherchons à découvrir avec lequel de ces instruments sa structure offre le plus d'analogie. Dans la théorie de Descartes il eût été un instrument de catoptrique; dans son expérience, il se fût comporté comme un microscope composé (445) qui renverse les images, et les agrandit en raison de la distance à laquelle se place l'observateur. Nous venons de ramener le globe de l'œil au type d'un simple système de lentilles, au type du microscope simple (429). Et sous ce rapport, le globe de l'œil est admirablement bien fourni de tous les appareils, qui sont dans le cas de concourir à donner une vision nette et distincte, sans aucune espèce d'aberration de sphéricité ou de

(*) Lorsque, pour répéter ces expériences, on se servira de l'œil de bœuf, il sera bon d'enlever la cornée transparente; car elle devient promptement opaque, ou bien s'altère d'une manière nuisible à la vision distincte; on pourra s'en servir, par cette préparation, comme d'une lentille de verre. Avec l'œil de lapin, on n'aura pas besoin de cette précaution, si on l'emploie fraîchement détaché de son nerf optique. Mais dans tous les cas, on sera obligé de rapprocher les objets de très-près. Enfin, la vision sera infiniment plus distincte encore, si on loge l'*humeur vitrée* et son *cristallin* dans un petit ballon de verre qui simule les parois de la sclérotique; les objets apparaîtront alors comme à travers une lentille de la plus belle limpidité.

réfrangibilité (404). Les milieux de diverse densité y sont associés comme dans un système de lentilles achromatiques (405) ; et tout ce système est protégé par des parois et des diaphragmes tels et en tel nombre, que pas un rayon lumineux ne saurait pénétrer dans l'intérieur de ce globe, qui ne profite à la vision, ou qui ne soit arrêté ou absorbé, s'il est inutile ou nuisible à cet acte.

1714. La cornée transparente (pl. 4, fig. 24, *cn*) forme avec l'humeur aqueuse, qui en remplit la capacité, une lentille plano-convexe, dont la convexité serait tournée en dehors. Elle admet tous les rayons émanés de la calotte de la sphère qui est placée en face d'elle ; elle les réfracte tous sans exception aucune ; mais sur sa surface plane s'étend un diaphragme, qui réfléchit au dehors les rayons, dont la réfraction serait nuisible à la vision distincte, et ne laisse passer, à travers l'ouverture centrale, que les rayons qui convergent au foyer commun. Ce diaphragme est l'*iris* (*ir*), et son ouverture est la pupille (*pp*). Les rayons réfléchis par l'*iris* éprouvent, en sortant de la cornée transparente, une nouvelle réfraction, de sorte que la couleur de l'iris d'un œil vivant nous paraît changeante, selon que nous l'observons d'un point de vue ou d'un autre, et prend ainsi les mille et fugitives nuances, que nous avons désignées, dans le langage ordinaire, sous le nom de *gorge de pigeon*, et dans la nomenclature de l'optique, sous le nom *d'irisations*.

1715. Un second diaphragme plus ouvert que le premier limite la surface postérieure de la deuxième chambre, qui peut être considérée comme une lentille de mince épaisseur, plane par devant et concave postérieurement. Ce second diaphragme est destiné à intercepter les rayons lumineux, que la réfraction opérée par cette seconde lentille aurait fait diverger sous un angle trop ouvert, pour pouvoir être réfractés, d'une manière utile à la vision, par la troisième lentille qui est le cristallin (*cr*) ; ce second diaphragme forme les *procès ciliaires* (*).

1716. Le CRISTALLIN (*cr*) et L'HUMEUR VITRÉE (*hv*), emboîtements concentriques de lentilles biconvexes, beaucoup plus épaisses sur leur calotte postérieure que sur la calotte antérieure, forment un système d'achromatisme, dont l'art un jour devrait tâcher de reproduire le mécanisme et l'artifice. Car il nous semble que cette disposition d'emboîtements est éminemment propre à faire converger vers le même foyer, tous les rayons qui arrivent parallèlement sur la surface antérieure du cristallin.

1717. Si le *cristallin* avait joué le rôle que lui a prêté Descartes, et qu'il eût été destiné à faire croiser les rayons lumineux qui émanent des objets, il s'en serait suivi qu'après l'opération de la cataracte, qui enlève ou déplace le cristallin, la vision eût été, par ce seul coup, anéantie ; et pourtant on recouvre la vue immédiatement après l'opération.

1718. Quant aux rayons lumineux qui, malgré toutes ces précautions de la nature, viendraient à diverger, et à dévier de la ligne normale tracée par la réfraction visuelle, ils vont s'anéantir et se perdre dans les parois de la *choroïde*, dont la couleur noire a la propriété d'absorber les rayons lumineux. Ces parois jouent le rôle des parois noircies des tubes de nos microscopes (449), comme l'*iris* et les *procès ciliaires* de notre œil jouent le rôle des diaphragmes, que l'artiste a grand soin de placer au foyer de chaque lentille de nos microscopes (448).

1719. La nature a poussé plus loin encore la précaution de l'absorption des rayons lumineux inutiles, en moulant la capacité de la sclérotique (*sc*) sur une sphère, et non sur un cylindre. Car, avec cette forme, si la rétine venait à faire l'office d'un miroir, à réfléchir les rayons au lieu de les absorber, elle agirait d'après les lois relatives aux miroirs concaves ; et le foyer de la réflexion spéculaire serait si peu éloigné des parois, qu'aucun rayon n'échapperait pour arriver jusqu'à l'axe de la vision distincte.

1720. Si c'est par un point que nous voyons les corps, si le sens de la vue se trouve au sommet de l'angle de convergence des rayons lumineux, comme, pour voir les images grossies par une lentille de verre, notre œil se place à l'angle de convergence des rayons réfractés (397), il est évident que ce point voyant ne doit pas être invariable. Car les rayons émanés des corps étant forcés de passer tous par la même ouverture, par celle de la pupille, pour venir se réfracter dans les milieux qui remplissent le globe de l'œil, il est évident que le foyer doit changer de place avec la

(*) Les *procès ciliaires* se dédoublent, comme pour recevoir le cristallin dans une rainure. Chez l'homme, la rainure en est peu apparente, et le dédoublement postérieur acquiert fort peu de développement. Il n'en est pas de même chez les oiseaux, derrière le cristallin desquels ce dédoublement s'étend, comme une nouvelle couche de procès ciliaires, que l'on désigne sous le nom de *peigne*, et qui forme ainsi un troisième diaphragme, un troisième voile protecteur d'une vision qui, chez l'aigle, peut de la sorte fixer impunément le soleil.

distance des objets, que les rayons émanés du trait (*f*, fig. 24, pl. 4), par exemple, convergeront en (*d''*) et plus près du cristallin que les rayons émanés du trait (*f'*), lesquels viendront converger en (*d'*). Et c'est précisément de cette manière que nous pourrons évaluer les rapports de grandeur et de distance : nous jugerons qu'un objet est plus proche de nous, quand le foyer de son image se trouvera sur un point de l'axe visuel (*ax*), plus rapproché du cristallin; et que l'objet sera d'autant plus éloigné que le foyer de son image se trouvera sur un point de l'axe visuel plus proche de la rétine; l'axe visuel sera ainsi une espèce de mètre rapporteur, qui nous permettra de mesurer l'espace et de diviser les distances en fractions de quelque dénominateur que ce soit. Par la même raison, nous jugerons, avec la rapidité de l'éclair, des rapports de grandeur entre les objets qui frapperont à la fois notre vue; car nous ne pourrions avoir le sentiment des distances qui séparent les divers foyers visuels, sans avoir en même temps le sentiment de l'ouverture de l'angle visuel de chaque objet; et c'est par ces diverses ouvertures des angles que nous jugerons des grandeurs des objets, exactement comme nous établissons de pareils jugements en observant au microscope. Plus les objets seront éloignés ou de petit calibre, et moins l'image en sera distincte; car dans ce cas l'angle visuel se confondra de plus en plus avec l'axe, avec une droite unique; or nous ne pouvons juger des grandeurs que par l'ouverture d'un angle; et nous ne pouvons mesurer des angles dont les côtés sont trop rapprochés; nous les mesurons enfin, comme par le procédé de la planchette des *arpenteurs*, et la planchette ne donnerait plus d'indication utile, si elle était réduite à un angle de 2° ou 3°. Il est probable encore que la consistance de la couche optique, où convergeront les rayons émanés des corps extérieurs, contribuera éminemment à donner à l'image une plus ou moins grande netteté de contour; ainsi, sur les couches les plus denses, l'image offre plus de précision et de vivacité que sur les couches les plus molles; or plus on s'éloigne du cristallin, plus les couches de l'humeur vitrée acquièrent de mollesse, et c'est précisément sur celle-là que viennent converger les rayons émanés des objets les plus éloignés de nous, ou de la plus petite dimension. Dans cette hypothèse, les emboîtements du cristallin et de l'humeur vitrée serviraient à jalonner les distances, et chacun d'eux aurait le *sensorium* de l'image, et la conscience des rapports de grandeur de l'objet.

1721. Je doute qu'il se présente un seul phénomène de la vision, qui ne s'explique avec la plus grande facilité, d'après cette théorie, et il ne sera pas inutile d'en donner quelques exemples, quoique nous ayons l'intention de revenir sur ce sujet, à la suite des considérations générales qui trouveront leur place dans le second volume de cet ouvrage.

1722. La vision s'opérant dans la substance de l'humeur vitrée, d'après le mécanisme de nos verres grossissants, c'est-à-dire par un point où convergent les rayons émanés de l'objet, et qui est le foyer de la réfraction générale, l'ouverture de la pupille devient pour nous un vrai cercle rapporteur; elle nous sert à juger de la forme des images qui s'y inscrivent, et à en mesurer les angles, pour ainsi dire, par la graduation de l'iris et des procès ciliaires. La conscience que nous avons de la symétrie, nous fait subitement découvrir à quel arc de ce grand cercle correspond chaque côté de l'image; et nous constatons ainsi, avec la rapidité de l'inspiration et de la pensée, si le périmètre de l'objet est un carré parfait, un triangle équilatéral ou autre, un parallélogramme, un polygone, de quelque nombre de côtés que ce soit; et quand ce polygone a des côtés si minimes que nous ne saurions en aucune manière les distinguer de l'arc qu'ils soutendent, le polygone se confond avec le contour de notre pupille; c'est un cercle. C'est sur cet espace ouvert, comme sur l'écran de la chambre obscure, que notre perception voit se dessiner le paysage, et embrasse dans ce petit champ visuel l'horizon le plus vaste. La perception est au sommet d'un cône, dont la pupille serait la base; elle est au fond d'une chambre obscure (551), dont la pupille est en même temps le diaphragme et le *cercle rapporteur*.

1723. Non-seulement nous jugeons de la configuration générale des corps, mais encore nous mesurons de la sorte presque rigoureusement l'ouverture d'un angle isolé. L'expérience suivante la démontre. Considérez un objet plane terminé par des lignes droites, un tableau par exemple; pour le voir en entier, il faudra nécessairement que tous les angles touchent le cercle de la pupille, par tous les points qui correspondent à leur position dans l'image. Mais lorsque vous voudrez déterminer l'ouverture d'un des angles de cette figure, vous amènerez votre pupille à n'avoir que l'image de cet angle, et avec un peu d'attention vous vous convaincrez que pour arriver à ce résultat, vous avez disposé votre œil de telle sorte, que le sommet de l'angle occupe le centre de la pupille, exactement comme nous me-

surons l'ouverture d'un angle avec le goniomètre ; nous jugeons de cette manière si l'angle est un angle droit, obtus, ou aigu, selon qu'il comprend un quart, plus d'un quart, ou moins d'un quart de la circonférence de la pupille, dans son ouverture.

1724. Quant aux dimensions des corps, nous en jugeons par le jeu du clair et des ombres, dont l'habitude du toucher nous a, dès notre enfance, donné la clef.

1725. Nos deux yeux voient à la fois la même image, mais nous n'avons qu'une seule perception, parce que les deux angles visuels rapportent l'image à la même position par rapport à tous les autres objets environnants, que les deux images se superposent pour ainsi dire, et que nos deux visions ne sont dès lors que la contre-épreuve l'une de l'autre. Aussi nos yeux dans l'état normal se meuvent-ils parallèlement dans l'orbite, pour venir se placer au même point de vue ; mais si nous dérangeons ce parallélisme, si nous nous efforçons de regarder en louchant, ou si nous appuyons le doigt sur un œil, l'autre se mouvant spontanément dans l'orbite, alors nous voyons deux images du même objet, qui se superposent ou s'écartent plus ou moins, selon l'énergie de la violence que nous exerçons sur l'un des deux. Car alors l'un des deux yeux se trouve plus distant que l'autre, de l'objet que nous avons intention de voir, et la distance diminue les proportions d'un corps ; dans ce cas, nous aurons la perception d'une image grande et d'une image petite du même objet, et ces deux images se superposeront l'une à l'autre ; les deux images sont égales, mais surperposées, quand les deux yeux, se trouvant à égale distance de l'objet, en reçoivent les rayons lumineux selon deux incidences différentes. Les louches de naissance sont habitués à ne voir qu'une seule image ; mais leur regard n'est jamais fixe, comme le nôtre ; il est hésitant, indécis, mal assuré. Méfiez-vous du jugement d'un homme qui louche ; car le jugement n'est que l'expression des rapports transmis par les sens ; et deux yeux qui convergent ou divergent trop ne sauraient jamais donner des rapports exactement vrais. Il faut qu'un homme qui louche ait du génie, pour qu'il ait le sens commun. Dans tous les cas, et toutes choses égales d'ailleurs, je préférerais un borgne ; celui-ci est convaincu que quelque chose lui manque pour tout voir, l'autre est le seul à ignorer qu'il regarde de travers ; le borgne cherche, en regardant à plusieurs reprises, à suppléer à la contre-épreuve qui lui manque pour bien voir la première fois ; l'autre pense que parce qu'il a deux yeux comme nous, il lui est permis de prononcer aussi vite que nous ; enfin, l'un sait douter, et l'autre tranche.

1726. Tout état pathologique qui, par un effort musculaire, ramènera le globe de l'un des deux yeux au fond ou au dehors de l'orbite, produira la double vision du même objet, c'est-à-dire la *diplopie*, parce qu'elle placera de la sorte l'objet à deux distances différentes de la vision.

1727. Tout état pathologique qui boursélerait l'une ou l'autre des pièces qui concourent à la réfraction visuelle, multiplierait les images du même objet, en offrant au même plan tout autant de lentilles convergentes, et en réfractant la même image en tout autant de foyers distincts qui viendraient affecter la couche perceyante de l'humeur vitrée. Un seul homme pourrait paraître de la sorte toute une armée au pauvre malade.

1728. L'orfraie (*aquila ossifraga*), oiseau qui, appartenant au groupe des aigles et vautours, est un de ceux qui jouissent de la meilleure vue, possède au centre de la membrane qui est tendue sur la pupille (1668) une tache opaque, une espèce de taie, qui empêche les rayons lumineux de traverser l'axe du cristallin. Aristote, pensant que cette tache indiquait une lésion de la vue, avait placé l'orfraie à côté des chouettes. Aldrovande fit observer que cet inconvénient était compensé par la grande transparence de la partie circulaire de la pupille qui entoure cette tache : et Buffon, qui vérifia le fait, fut porté à croire que, par l'effet de cette taie, l'orfraie probablement n'avait pas la vue aussi nette ni aussi perçante que les aigles, quoiqu'il ne l'ait pas offusquée comme les chouettes. Cette conséquence est une erreur, qu'il est facile de rectifier par l'expérience directe, alors même que la nouvelle théorie ne nous fournirait pas les moyens de donner une raison suffisante du phénomène. Si nous voyons d'autant mieux les objets que l'angle visuel a plus d'ouverture, il s'ensuit que plus l'ouverture de l'angle se rapprochera de l'axe, moins l'objet sera distinct pour nous ; en sorte que, dans beaucoup de cas, la portion centrale de la pupille pourrait être voilée, sans que la vision en souffrît le moindre inconvénient, puisque ce voile ne recouvrirait que la portion du cercle par où la vision ne s'exerce pas. En effet, approchez une épingle de l'œil, de manière que la tête vienne s'appliquer presque sur le centre de la cornée transparente, et partant sur l'axe qui traverse la pupille et le cristallin, et vous n'en continuerez pas moins à voir les objets

extérieurs, comme si vous n'aviez rien interposé entre eux et votre vue ; la tête d'épingle ne formera pas le moindre obstacle, ni l'ombre la plus petite, et ne donnera pas le moindre signe de sa présence. Or cette tête d'épingle représente là évidemment la taie de l'œil des orfraies. Seulement on remarquera alors que la pupille se dilate davantage pour voir, afin de récupérer par le diamètre le nombre des cercles concentriques de la vision, dont la présence de la tête d'épingle la prive. Et c'est peut-être ce qui contribue à ce que l'orfraie voit encore mieux la nuit que le jour, cette taie tendant à tenir la pupille dans un tel état de dilatation, qui convient mieux à la vision dans l'ombre qu'à la lumière.

1729. C'est un fait généralement reconnu que notre pupille se contracte et se rétrécit à une vive lumière, et se dilate dans l'obscurité. Dans le premier cas, celle de l'homme a quelquefois moins de 3 millimètres de diamètre ; dans le second, elle dépasse souvent 5 millimètres. Chez les animaux qui poursuivent leur proie la nuit, comme les chats, la pupille est susceptible d'acquérir une ouverture extraordinaire. L'iris (1665) est le diaphragme musculaire, dont la contractilité contribue à produire ce rétrécissement ou cette dilatation. Mais ce à quoi l'on n'a pas fait la moindre attention, c'est que la dilatation suit, pour ainsi dire, la gamme des couleurs. Avec la même intensité de lumière, la pupille se rétrécit ou se dilate selon les couleurs. Pour procéder avec méthode dans l'étude de ce phénomène, il est bon d'avoir des tableaux en papier, peints chacun d'une seule des couleurs primitives, et de les placer de manière que l'œil ne puisse en fixer qu'un à la fois ; on mesurera à chaque observation la pupille de l'observateur. On trouvera alors que le rétrécissement le plus grand correspond au tableau du blanc le plus pur et frappé de la lumière la plus vive ; que la pupille commence à se dilater au gris ; qu'elle se dilate de nouveau au jaune, puis au vert, puis au bleu, puis à l'orange ; enfin que sa plus grande dilatation correspond au rouge le plus intense. Or combinons les résultats de cette expérience avec la manière dont nous avons conçu l'organisation de l'œil. Nous avons établi que la vision s'opérait par un cône, dont la pupille forme la base, et dont la perception occupe le sommet. Nous avons reconnu, par la dissection, que l'*humeur vitrée* et le *cristallin* formaient une seule et même unité d'emboîtements non concentriques. Le cône lumineux d'où résulte l'image, pour la perception, comprendra nécessairement un nombre d'autant plus grand de ces emboîtements, que la pupille qui en limite la base sera plus dilatée. Mais l'expérience nous apprend que chaque degré de sa dilatation correspond à une couleur du prisme. N'est-il pas permis d'admettre que chaque emboîtement est l'organe d'une coloration spéciale ; que chacun d'eux est apte à percevoir une nuance ; et que, pour que l'image d'un objet se colore d'une telle plutôt que d'une telle autre manière, il faut que le cône visuel, d'où résulte la perception de la forme, passe par celui des emboîtements d'où résulte la perception de la couleur ? L'expérience suivante confirme cette induction. Quand on considère une surface blanche éclairée par une vive lumière, pour avoir la perception de la blancheur, on est obligé non-seulement de contracter la pupille, mais encore de rapprocher les paupières, de manière à donner au cône visuel la moindre base possible. Si nous regardions ces surfaces, la pupille dilatée, nous verrions jaune, et même rouge. Cherchez à regarder une surface jaune, en rétrécissant forcément votre pupille, et en rapprochant les paupières, de la même manière que la pupille se contracte et que les paupières se rapprochent quand notre œil est exposé à la plus vive lumière, et vous cesserez d'avoir l'impression de la couleur jaune, vous aurez celle du blanc faiblement éclairé, c'est-à-dire du gris. Fixez une surface rouge, en clignant les yeux, vous la verrez indigo, ou violacée, ou noirâtre, mais vous n'aurez nullement l'impression de la coloration véritable ; si la contraction est encore plus forte, vous verrez, comme blanches, les surfaces éclairées de l'objet, et noires les surfaces ombrées. Il me paraît donc évident que les couleurs sont perçues par tout autant d'organes, ou plutôt par tout autant de couches du même organe, et que chaque nuance correspond à l'une de ces fractions concentriques. En divisant donc la pupille, à son plus grand état de dilatation, en huit zones concentriques, autour d'un point qui correspond à l'axe de l'organe, axe inutile à la vision, nous aurons les sept organes des couleurs primitives ; la zone la plus externe ou la huitième donnant l'impression du rouge, la septième celle de l'orange, la sixième celle du violet, la cinquième celle de l'indigo, la quatrième celle du bleu, la troisième celle du vert, la deuxième celle du jaune, et la zone presque centrale celle du blanc. Les nuances proviendront des cercles intermédiaires entre chacune de ces zones principales, ou de ce que deux zones à la fois seront affectées par le même objet.

1730. Il est reconnu que la couleur la moins fatigante pour la vue est la couleur verte, et que le blanc et le rouge sont les deux colorations dont nous avons le plus à souffrir; ce qui s'explique très-bien par les données précédentes. En effet, le blanc exige que la pupille se contracte le plus; le rouge, que la pupille se dilate le plus; ce sont deux états forcés et extrêmes; le juste milieu des deux doit être le moins fatigant pour la vue. Or ce juste milieu de la contraction se trouve du vert au bleu, en admettant que la pupille se divise en zones concentriques correspondant à tout autant de colorations; le vert bleu ne demande d'autre effort, de la part de l'iris, que l'effort ordinaire et habituel, qui tient la pupille dilatée, alors que notre attention ne se porte sur aucun objet spécialement.

1731. Tout le monde sait que nous n'avons pas tous le sentiment de la couleur porté au même degré d'exactitude. Il est des peintres qui voient sous ce rapport différemment qu'un autre: Jouvenet voyait en jaune, Rubens en purpurin, et c'est dans leurs tableaux leur nuance de prédilection qui domine. Ce phénomène trouve encore une explication facile à concevoir, dans la théorie précédente; il dépend de l'accroissement d'une zone coloripare aux dépens des zones voisines, de l'amplitude exagérée de l'une, quand les autres se sont trouvées réduites d'autant; ou bien encore, alors que toutes les proportions se trouveraient normales, ce phénomène peut provenir du plus ou moins d'aptitude de la pupille à se contracter ou à se dilater. D'où on peut conclure qu'il est possible que tous les animaux ne voient pas les couleurs comme nous; que le même objet, qui nous paraît jaune, leur paraisse bleu ou rouge; ce qu'il ne serait pas aussi aisé de vérifier que sur l'homme, qui rend sa pensée par des signes, et ses impressions propres, en les reproduisant graphiquement. Quand nous disons donc qu'un peintre voit *mal*, cela signifie qu'il ne voit pas comme tout le monde; et quand nous disons qu'il n'a pas le *sentiment de la couleur*, cela signifie que son œil n'est pas impressionné par les rayons émanés d'un objet, de la même manière que le sont les yeux du plus grand nombre. En effet, observez un paysage plein de fraîcheur à l'heure de midi dans la nature, les yeux ouverts sans effort, il vous apparaîtra inondé de lumière, chaud de ton, et vigoureux d'effet, comme les tableaux qui sortent de l'atelier de nos plus habiles paysagistes. Mais observez-le à la même heure, et en clignant un peu les yeux, vous le verrez dès lors, avec les teintes ternes et lavées, que ce paysage revêt naturellement le soir; vous en avez changé tout l'aspect, en rétrécissant l'ouverture de la pupille, la base du cône visuel, en enlevant enfin à la vision deux ou trois appareils externes de coloration. Or il peut se trouver des organisations dont l'œil a naturellement la conformation que vous avez donnée au vôtre, d'une manière forcée, dans l'expérience précédente.

1732. Le globe de l'œil étant un système de lentilles de différents indices de réfraction, le moindre dérangement de l'une ou l'autre pièce, en détruisant la centration de tout le système, ce point si important et si difficile à trouver et à maintenir en optique, rendra impossible la vision des objets extérieurs. Aussi suffit-il d'appuyer le doigt sur un côté du globe, pour ne plus rien voir, les paupières grandement ouvertes; car, dans ce cas, la pression exercée sur la paroi repousse le cristallin hors de sa place ordinaire, en sorte que son axe ne se trouve plus sur l'axe général de l'œil; le cristallin est décentré; la réfraction visuelle est anéantie, on ne voit plus rien au dehors. Mais on observe en même temps que l'on voit quelque chose, une tache lumineuse qui change de dimension, mais non de forme, qui diminue ou grandit, selon que la pression exercée est plus ou moins puissante, mais qui se présente toujours avec l'aspect d'une bande demi-circulaire, ciliée et comme graduée par d'innombrables irisations (1714). Il est facile de comprendre qu'on voit en cela un des bords du cristallin même, avec l'arc correspondant de ses *procès ciliaires*. En effet, si la pression exercée a lieu du côté gauche du globe, la bande lumineuse se montre vers l'angle droit de l'œil, sa convexité tournée du côté gauche; c'est le contraire si la pression s'exerce du côté droit. La bande se montre en haut, et sa convexité tournée en bas, si la pression s'exerce sur la partie inférieure du globe de l'œil; elle se montre en bas, et la convexité tournée en haut, si la pression s'exerce sur la portion supérieure; et dans toutes ces expériences, on voit une moitié, un quart, un tiers, etc., de circonférence, selon qu'on a le courage de presser plus ou moins fort. Enfin l'œil voit alors la seule partie visible de son cristallin, c'est-à-dire ses *procès ciliaires*, qui se déplacent avec lui, et qui reproduisent, par la réfraction, le phénomène des interférences, en décomposant la lumière par les interstices de leurs vaisseaux rayonnés (1669). D'où il suit, ainsi que nous l'avons déjà exprimé, que la vision, en tout état de choses, s'opère dans l'humeur vitrée, plus ou

moins près de l'adhérence du nerf optique à la sclérotique.

1733. L'œil voit donc non-seulement au dehors, mais encore au dedans de son globe; il est affecté par la lumière, qu'elle lui arrive de l'extérieur ou de l'intérieur de l'organe. Or les diverses parties de l'œil peuvent devenir lumineuses, soit dans un cas d'inflammation ou de fièvre, soit instantanément, sous l'influence d'une grande commotion, d'un coup porté sur le globe. On sait, en effet, que l'air comprimé dans une capacité à parois épaisses et résistantes devient subitement lumineux; or l'air circule dans le réseau lymphatique et sanguin des diverses pièces de notre œil, et rien n'est plus résistant, dans l'organisation humaine, que la sclérotique; un coup porté sur l'œil doit donc rendre lumineuse la quantité d'air qui est disséminée dans sa capacité; et il ne faut pas que le coup soit bien grave pour réaliser ce phénomène; ce que le peuple a traduit avec la poésie de son langage, par les deux drôleries suivantes : *Ce coup m'a fait voir trente-six chandelles*, ou *m'a fait voir les étoiles en plein midi*.

1734. Dans un accès de fièvre, et lorsque la circulation sanguine déborde en torrents dans le réseau des paupières, et même dans le réseau lymphatique de la cornée transparente ou de l'iris, nous voyons des gerbes perlées, qui décrivent des courbes hardies, forment des rosaces mobiles, lesquelles varient de position et de forme, avec une étonnante rapidité. Nous voyons alors le torrent de la circulation s'élançant dans ses mille et mille canaux, qu'il dessine en traits de feu, en traits insaisissables.

1735. Mais n'allez pas, sur les traces d'un auteur privilégié, croire que vous avez dans l'œil tous les objets que vous voyez trop petits, pour en déterminer la distance au dehors. Vous vous exposeriez à prendre des moucherons microscopiques pour les globules de la circulation. Comme la méprise un peu lourde, dont nous parlons, a été adoptée à son apparition de confiance, par la Faculté de médecine (*); dans la première édition de cet ouvrage, nous avions à peine osé effleurer une réfutation, tant le sujet nous paraissait peu en être digne; mais la méthode féconde en résultats si singuliers commence à devenir contagieuse, sous les auspices de l'autorité; nous nous décidons donc, dans cet ouvrage, à sacrifier quelques pages de développements, pour évaluer les travaux d'un auteur qui se joue vraiment du privilége.

1736. La géométrie a ses *quadrateurs*, qui courent après la quadrature du cercle, comme les alchimistes poursuivaient la pierre philosophale; la microgaphie a de son côté des *chercheurs de globules*, qui ne voient que des globules, et qui ne voient plus rien après les globules; ils tiennent compte des globules du matin, des globules du soir, et des globules du milieu de la journée; ils vous diront toutes les circonstances d'un viol ou d'un assassinat, sur la seule inspection d'un globule; ils distinguent des globules du pus, des globules du sang, des globules du cerveau, des globules de la syphilis; d'aucuns vont même jusqu'à désigner, dit-on, la localité d'où provient ce dernier mal, à la comparaison des globules; nous avons enfin une complète *globulomancie*. Donné s'aperçut un jour que les observateurs, qui s'étaient tant occupés de globules, avaient précisément oublié les globules de l'œil; ils avaient cherché à voir tout, excepté l'œil qui les fait voir. L'auteur eut donc l'heureuse idée de vouloir voir son œil. Mais avant cela, il prit l'*humeur aqueuse* et l'*humeur vitrée* d'un œil de mort, et en soumit des fragments au microscope. « Il y aperçut des globules, au milieu de quelques corpuscules amorphes; et ces globules, moins gros de moitié que ceux du sang, peuvent à peine être aperçus à la lumière, tant ils sont pâles et diaphanes; ce n'est qu'au moyen d'une lampe, qu'on les reconnaît d'une manière évidente, au milieu du liquide dans lequel ils nagent. Ces globules lui ont paru insolubles dans l'eau, car l'auteur les a trouvés intacts dans ce liquide, même après un certain temps. » Des globules qu'on ne voit qu'à la faveur d'une lampe, ne sont le plus souvent que des effets de la réfraction de la lumière à travers une membrane; car il n'est pas de membrane animale qui ne se couvre, à la lampe, de globules de diamètres à peu près égaux (1607). Ensuite, il n'est pas de liquide albumineux, qui ne se précipite, par l'évaporation, sous forme de précipité globulaire; il en est de même, d'une manière il est vrai moins prononcée, de l'amidon et de la gomme. Si l'auteur avait soumis l'*humeur vitrée* tout entière

(*) La Faculté de médecine a voulu ouvrir son micrographe, lorsqu'elle s'est aperçue que le microscope était un moyen de bien voir. On sait que la Faculté improvise les talents, et proclame docteur un homme sur le vu de sa thèse. Donné, le *rédacteur scientifique du Journal des Débats*, a succédé à *Galès* dans le privilége de pouvoir être cité sur parole et sans contrôle, dans les livres de l'école; il a fait sa preuve, par écrit, dans sa première thèse présentée le 17 janvier 1831, sur les *globules!*

au microscope, immédiatement après son extraction de l'œil, il n'y aurait rien aperçu de semblable, même à la faveur d'une lampe. Il est vrai que l'auteur en a moins vu dans le *liquide filant* et de *nature albumineuse* du corps vitré que dans l'*humeur aqueuse;* et c'est précisément le contraire qui existe. L'*humeur aqueuse* pure ne doit offrir aucun globule; l'*humeur vitrée* doit à la lampe en offrir beaucoup. Mais ce à quoi l'auteur n'a pas songé, c'est qu'il est impossible d'obtenir l'*humeur aqueuse* par la dissection, sans endommager l'iris, les procès ciliaires et la choroïde même, en tout ou en partie; trois organes qui sont vasculaires au suprême degré, et déversent, sur le porte-objet, une quantité innombrable de globules plus petits que ceux du sang. On n'obtient l'*humeur aqueuse* pure, à peu près que par la ponction de la cornée transparente. Mais jusque-là l'erreur n'est que dans la maladresse du manipulateur; passons à une autre qui est moins innocente.

1737. « Ces globules, ajoute l'auteur, qui ne gênent en rien la vision, à cause de leur parfaite transparence, je suis maintenant convaincu, qu'on les aperçoit dans son propre œil, en s'y prenant de la manière suivante:

» On perce une carte avec la pointe d'une aiguille très-fine; et par ce trou, que l'on applique très-près de son œil, on regarde le ciel; on aperçoit à l'instant plusieurs globules très-distincts, rangés par séries irrégulières, et d'autres isolés; si on fixe avec beaucoup d'attention, on en découvre, dans le fond, une multitude d'autres qui remplissent le tableau, et qui suivent tous les mouvements de l'œil; ils ont exactement la même apparence que ceux que l'on voit au microscope, dans l'humeur aqueuse extraite d'un œil mort; même transparence, même diamètre appréciable. On peut ainsi remarquer des globules de trois ordres; les premiers sont en chapelets sinueux et très-distincts; les seconds, plus isolés, plus gros que les autres, et souvent entourés d'un cercle plus noir; enfin les troisièmes, que l'on ne peut compter, moins distincts et plus éloignés, ressemblent assez bien, qu'on me pardonne la comparaison, *à une espèce de semoule.* »

1739. Pourriez-vous expliquer comment il se fait qu'on ait besoin du microscope, pour distinguer dans l'*humeur aqueuse*, des globules que l'on distingue si bien dans son œil propre d'après l'auteur? Comment! sans le secours de la réfraction de la cornée transparente, vous voyez déjà vos globules; et lorsqu'à la réfraction du cristallin se joint la première réfraction, il vous faudrait encore l'aide du microscope pour rendre apercevables les mêmes globules! Vous les grossissez donc par les verres amplifiants, pour ne leur donner juste que le diamètre sous lequel vous les voyez sans microscope? Entendons-nous! il y a de l'absurde dans quelque coin de votre manière de voir. Mais l'auteur n'a rien à redouter de l'absurde; sa position lui permet de l'être impunément.

1740. Or voici ce que l'auteur a vu, et ce qu'il a si mal interprété. La cornée transparente est lubrifiée par le même liquide, que les paupières promènent, dans leurs mouvements variés, sur toute la surface de la conjonctive. Toute substance liquide qui s'attache à une paroi verticale prend la forme d'une demi-sphère; mais une demi-sphère transparente de petit diamètre, placée sur la cornée transparente, déviera d'autant, et à la manière des lentilles (409), les rayons lumineux; votre œil verra donc une image lenticulaire au dehors de lui. C'est une série de ces petites lentilles aqueuses que l'auteur a vues et désignées sous le nom de chapelets sinueux. Les seconds, plus gros, proviennent de gouttelettes plus grosses. Mais, dans cette catégorie, l'auteur en a oublié un autre genre qui se compose de globules déformés, échancrés, allongés en larmes bataviques, que l'on rencontre ainsi ajustés bout à bout, sur des lignes plus ou moins sinueuses. Ceux-ci proviennent des gouttelettes allongées et déformées par le frottement. Nous nous occuperons tout à l'heure de la troisième espèce qu'a vue l'auteur. Démontrons ce que nous venons d'avancer, quant aux deux premières. Celles-ci, il n'est pas besoin d'un petit trou pratiqué dans une carte, pour les distinguer, il suffit de regarder en clignant les paupières. On voit alors se promener de bas en haut et de haut en bas, selon que l'on élève ou qu'on abaisse le globe de l'œil, des traînées de globules analogues à la fig. 22, pl. 2. Chacun d'eux se présente sous forme de deux cercles concentriques, dont la partie la plus vigoureuse et la plus noire change de position à chaque fois, et qui se bordent souvent d'irisations où le jaune domine. Regardez une lentille de verre de trop près, ou bien observez au microscope un globule transparent en deçà du foyer de l'instrument, et vous aurez la même image devant les yeux. Ces deux cercles ne sont que deux effets de l'aberration de sphéricité (405) qui font que les bords d'une lentille n'ont pas le même foyer que la partie centrale. La preuve que ces globules qui voyagent devant nous, quand nous cherchons à les fixer de l'œil, ne sont que

des gouttelettes aqueuses, se tire des deux observations suivantes : 1° Jamais ces globes ne sont plus nombreux, que lorsque les paupières sont inondées de larmes; ils le sont moins quand l'œil n'est qu'humide; on les voit à peine quand l'œil est sec. Aspergez votre œil d'eau pure, vous multiplierez ces globules et vous leur donnerez les formes les plus variées et des dimensions exagérées; vous les verrez alors se subdiviser, diminuer de volume par l'évaporation, et puis peu à peu disparaître. 2° Tenez compte comparativement du mouvement de vos paupières, et de la direction des sinuosités en chapelets que forment ces globes, en s'ajoutant bout à bout; et vous verrez que cette direction varie en raison du mouvement par lequel les paupières se sont déplacées. Si vous élevez la paupière en la pressant un peu avec le doigt, tous ces chapelets auront leur direction de haut en bas; leur direction sera en large, si vous déplacez votre paupière de droite à gauche ou de gauche à droite. Enfin, en poursuivant cette expérience dans tous les sens, vous tracerez sur la conjonctive des sillons de globules, dont la direction sera toujours celle que vous aurez donnée au mouvement des paupières. Il est donc évident que ces chapelets ne sont que des séries de gouttelettes aqueuses, dont les paupières lubrifient la conjonctive, et qui, au lieu de s'étendre en une couche continue sur la surface du globe, se sont légèrement coagulées en lentilles *convexo-concaves*.

1741. Quant au troisième genre de globules qui composent le fond du tableau, et que l'auteur compare si ingénieusement à de la *semoule*, comparaison que nous lui pardonnons d'autant mieux, que les grains de semoule sont anguleux et à facettes, quand ces globules sont arrondis; voici en quoi ils consistent. L'humeur que les paupières promènent sur la conjonctive, s'évapore à mesure que les paupières s'écartent, car si nous n'abaissions pas de nouveau les paupières, la surface de la conjonctive se dessécherait. Mais l'évaporation de cette humeur ne saurait avoir lieu qu'à la manière de l'évaporation de l'eau, par une *buée*, par des vapeurs qui s'échappent comme une fumée. Donc, quand vous regardez de manière à ne rien voir que le ciel, vous verrez cette petite *buée*, vous apercevrez des myriades de petits points qui tourbillonneront, comme une fumée, devant vous. Regardez à travers le jour la vapeur de l'eau, vous distinguerez le même phénomène. Vous le distinguerez encore mieux quand, en hiver, vous vous trouverez enveloppé de brouillards. Dans toute autre circonstance, et lorsque vous n'observerez que votre propre œil, soufflez un peu, en avançant la lèvre inférieure, et tout à coup vous verrez vos petits globules s'agiter, comme sous le souffle d'une tempête, tourbillonner avec plus de rapidité; cessez, ils se mouvront avec plus de calme. Donc ces globules appartiennent, comme la vapeur d'eau bouillante, comme le brouillard, à un nuage qui est devant votre œil, et non dans votre œil.

1742. Mais une erreur en appelle toujours une autre plus grossière. Cette erreur inqualifiable d'optique a jeté l'auteur dans une erreur d'anatomie, que nous nous hâtons de réfuter, sans chercher à la qualifier. L'auteur a voulu expliquer le mouvement de ces globules, autrement que par la circulation; la circulation ne saurait plus faire mouvoir des masses comme celles-là; il a eu recours à une autre hypothèse. D'après lui, le cristallin tend à s'affaisser par son poids, et à suivre des mouvements qui varient en raison de notre position; il nous affecte tous d'*une cataracte branlante* en minima. Vous concevez déjà pourquoi ces chapelets sinueux, que l'auteur prétend voir dans le liquide de l'humeur aqueuse, semblent changer de place; c'est que le cristallin se déplace, et en déplace l'image avec lui. Admirable nature qui, tout exprès pour les idées d'un voyant, abdique toutes les lois de l'optique, décentre un système de réfraction, sans nuire en rien à la vision distincte! Comprenez-vous par quel artifice ingénieux le cristallin, en se déplaçant, ne déplace que les globules de l'humeur vitrée, et pas un seul objet extérieur? Si un opticien s'imaginait de rendre mobiles les objectifs du microscope, il ferait danser aux yeux de l'observateur tous les objets placés sur le porte-objet. Eh bien! dans l'admirable objectif que la nature a placé dans notre œil, la plus précieuse des lentilles branle sans cesse, sans rien faire branler; les objets extérieurs restent à leur place, quand tout se déplace dans notre œil! Si tout cela n'est pas absurde, c'est prodigieux.

1743. L'auteur pousse plus loin sa prévoyance; « il suppose que les chapelets de globules sont fixés sur la surface de la capsule du cristallin ou sur celle de ce corps lui-même, ou plutôt qu'ils sont contenus dans de très-petits vaisseaux légèrement dilatés, et dans lesquels la circulation est ralentie par une cause quelconque; de plus ces vaisseaux peuvent ramper dans la capsule du cristallin ou dans ce corps lui-même; » comme vous le voudrez, l'auteur n'y tient pas.

1744. Mais ces hypothèses, l'auteur les change en réalités par l'expérience suivante : « Si dans la position verticale du corps, les yeux regardant d'abord à terre, on élève rapidement la vue vers le ciel en ayant soin de fixer aussitôt un point, afin que l'œil puisse rester pendant quelque temps dans la même position, on voit toutes ces rangées de globules descendre et passer successivement devant le point visuel, jusqu'au moment où, le cristallin étant arrivé au point le plus déclive qu'il puisse atteindre, ces globules restent en place et ne bougent plus. Si, ajoute-t-il, au lieu d'imprimer un mouvement rapide d'élévation au globe oculaire, on le dirige, doucement et sans secousse, vers le ciel, rien de semblable n'a lieu, parce que le cristallin ou le corps vitré ont eu le temps de céder à leur poids, et de prendre leur niveau, pendant que l'œil s'est ainsi lentement élevé. » Ces deux expériences sont empreintes de toute la légèreté qui a imprimé son cachet à cette thèse. Rien de tel ne s'offre à l'observateur, et rien n'est plus variable que ce que l'auteur a entrepris de décrire. Les gouttelettes qui tapissent la conjonctive ont un poids comme toutes les gouttelettes aqueuses; quand vous les avez soulevées par le mouvement de la paupière supérieure, elles glissent de haut en bas, jusqu'à ce qu'elles soient arrêtées par le bord de la paupière inférieure. Là toute la cohorte s'arrête, les rangs supérieurs soutenus par les inférieurs, à la hauteur de la cornée transparente, et cela jusqu'à ce que leur nombre se réduise par l'évaporation. Mais tout cela variera de direction et en durée, selon que les globules se trouveront avoir à passer sur la portion la plus bombée de la cornée transparente ou dans le voisinage de ses bords; selon que leur cohorte sera plus nombreuse, que la couche humide aura plus d'épaisseur, etc., etc. Le mouvement de l'œil et celui du corps lui-même n'auront aucune part à ce phénomène.

1745. Pour compléter la démonstration, l'auteur se présente à nous dans une posture plus pittoresque; il étend un tapis sur un plan incliné, se couche les pieds en haut et la tête en bas (ne rions pas), de manière que le point le plus déclive de l'œil corresponde à la voûte de l'orbite : « Dans ce cas, dit-il, lorsque, après avoir fixé mes yeux pendant quelque temps vers le point placé au-dessus de ma tête (qui est également le point placé au-dessus de ses pieds), je les ramenais vivement dans la direction de mes pieds, je voyais les mêmes séries de globules se diriger dans le sens de la pesanteur, qui se trouvait alors du côté de ma tête. » Ainsi, d'après l'auteur, les globules de la circulation obéissent aux lois de la pesanteur, et se portent toujours en bas. Mais alors, pourquoi la nature nous a-t-elle placé le cœur et les poumons si haut? et pourquoi le sang nous monte-t-il à la tête? C'est que la circulation de l'œil, sans doute, n'est pas la même que la circulation des autres parties du corps! En vérité, il faut que le *Journal des Débats* soit une grande puissance pour que ses rédacteurs aient le droit de penser, d'écrire, de lire à l'Institut et d'imprimer de pareilles choses impunément! Eh! sans doute, ces globules obéissent à la loi de la pesanteur, comme vos larmes qui coulent sur vos joues quand vous êtes debout, et sur votre front quand vous pleurez la tête en bas et les pieds en l'air, dans l'intérêt de la démonstration.

1746. Mais l'auteur a répondu, dans sa thèse, à l'objection que Ribes lui fit, après nous, à la publication de sa première note. « Ces globules, dit-il, ne peuvent être attribués aux larmes, puisque, d'une part, l'inspection microscopique n'en fait pas découvrir dans cette humeur, et que, de l'autre, les globules dont je parle ont un ordre et un arrangement constants qui ne peuvent être changés par le frottement des paupières. » L'auteur n'a sans doute jamais pleuré de sa vie, ce qui paraîtra infiniment probable, quand on saura que l'auteur n'a jamais été du parti des opprimés : car tous ceux qui ont eu le bonheur de verser une seule fois des larmes, doivent se rappeler avec quelle profusion ils voyaient de gros globules. Mais ce qui est encore plus certain, c'est que l'auteur n'avait pas, en écrivant ces lignes, la moindre idée des effets de la réfraction. Il aurait su, autrement, qu'un liquide sans globules peut fournir à la vision un grand nombre de globules, en s'attachant à une surface transparente sous forme de petites lentilles; et ce n'est pas sous une autre forme que l'humeur qui lubrifie les parois de la conjonctive s'est jouée de la sagacité à tête bêche de notre expérimentateur. Secondement, les paupières ne frottent pas toujours contre la conjonctive, quand elles se soulèvent; il reste entre elles et cette surface de petits intervalles dans lesquels l'humeur lubrifiante échappe au frottement. Pour procéder à coup sûr à l'expérience, il est nécessaire d'appuyer légèrement le doigt sur la paupière qui se meut; on voit alors à chaque mouvement que les globules s'arrangent dans le sens du mouvement lui-même.

1747. Nous avons peut-être attaché une trop grande importance à la réfutation de pareilles as-

sertions. Mais comment faire, quand tous les bull jours la haute protection de la publicité académique et de la publicité périodique est accordée à des lectures de cette force-là? On dirait que ces gens-là sont payés pour déprécier, dans l'esprit des hommes sévères, l'introduction du microscope dans l'étude des sciences positives. Force nous est donc de déposer de temps en temps la plume qui démontre, et de reprendre le fouet qui corrige.

3° *Organe de l'ouïe.*

1748. Le nerf optique s'épanouit à son extrémité pour percevoir la lumière; le nerf auditif s'épanouit à son tour pour percevoir les sons. L'œil est un appareil destiné à faire converger les rayons lumineux vers le nerf optique; l'oreille est l'appareil destiné à faire converger les rayons sonores vers le nerf auditif, qui est le siége de la perception du son. Si la perception est identique chez tous les animaux, l'appareil de l'audition doit varier dans sa structure et ses dimensions, en raison du milieu dans lequel l'animal est condamné à vivre, de ses habitudes et de ses mœurs. L'oreille externe s'allonge en un long cornet, mobile dans tous les sens, chez les quadrupèdes qui, vivant seuls dans les bois, sans défense et toujours sur le qui-vive, ne trouvent d'autre salut que dans la fuite, devant des ennemis qui courent aussi vite qu'eux, et qui partant, pour échapper au danger, ont besoin de prendre les avances et d'entendre de fort loin. Ce long cornet s'aplatit en un cartilage presque immobile chez les animaux qui, vivant en société et toujours fort près les uns des autres, entendraient tout trop fort, s'ils avaient, pour recueillir le bruit et les sons du langage, un aussi long cornet acoustique que les autres mammifères. Ce cornet disparaît entièrement chez les oiseaux qui voyagent dans les régions les plus agitées de l'air, dans la région des tempêtes; chez les poissons, que frôlent les flots qui se heurtent en mugissant; chez les mollusques, dont la coquille est déjà par elle-même un appareil d'audition, mais un appareil incommode, qui prête à tous les sons les caractères d'un murmure vague et monotone.

1749. Chez l'homme, le cornet de l'oreille s'aplatit contre la surface postérieure de la tête; il prend le nom de pavillon. Les muscles qui le font mouvoir, chez les autres animaux, sont réduits à des dimensions très-faibles chez l'homme, en sorte que le pavillon est condamné à la plus complète immobilité. On y distingue cinq éminences principales, que l'on désigne sous les noms d'*hélix*, d'*anthélix*, de *tragus*, d'*antitragus*, et de *lobule*, qui est la portion inférieure et molle de ce pavillon cartilagineux. Trois cavités principales séparent ces éminences entre elles, celle de l'*hélix*, la *fosse naviculaire*, et la *conque*, qui est l'ouverture immédiate du conduit auditif. Ce conduit atteint jusqu'à un pouce de long chez l'adulte, et se termine à la *caisse du tympan*, pour former la limite qui sépare l'oreille externe de l'oreille moyenne. La *caisse du tympan* est une cavité fermée par la membrane du *tympan*, à laquelle s'attache une petite chaîne composée de quatre osselets, désignés sous les quatre noms de *marteau*, d'*enclume*, de *lenticulaire*, et d'*étrier*, qui vient s'attacher à la *fenêtre ovale*. L'air extérieur arrive à la caisse du tympan, par la trompe d'Eustache, ou conduit guttural, pour contre-balancer la pression atmosphérique qui pèse sur la membrane, par le conduit auditif. La *caisse du tympan* est suivie du *labyrinthe*, qui se compose: 1° du *limaçon* ou cavité osseuse contournée en spirale, et dont la capacité est séparée, par une cloison membraneuse, en deux compartiments, qu'on appelle *rampes* du limaçon, dont l'une, l'externe, communique par la fenêtre ronde avec la caisse du tympan, et l'autre, l'interne, aboutit dans le vestibule. Après le limaçon on trouve trois demi-cercles, dont deux horizontaux et le médian vertical, que l'on nomme *canaux demi-circulaires;* leurs extrémités aboutissent au vestibule, cavité centrale où viennent s'aboucher toutes les précédentes, la caisse du tympan par la fenêtre ovale, la rampe interne du limaçon, et le conduit auditif interne par un grand nombre de petites ouvertures. Toutes les cavités que nous venons d'énumérer, sont pratiquées dans la partie la plus dure du *rocher*. Le nerf auditif se distribue par de nombreuses dichotomies dans le *labyrinthe*, dont il tapisse par ses papilles toutes les surfaces muqueuses.

1750. Le *son* n'est pas seulement de l'air agité; car nous percevons les chocs de la boîte crânienne, nous entendons les battements d'une montre appuyée sur nos dents. Les théories fondées sur les ondes sonores, nous donnent des analogies, mais non les solutions du problème; elles nous apprennent à analyser les vibrations, mais non la perception de l'ouïe; nous y reviendrons dans le deuxième volume, où nous entrerons dans certains développements, que suppose ce que nous avons à dire de l'audition.

1751. De même que l'industrie humaine a inventé un supplément à la vue, en reproduisant artificiellement, et avec une admirable fidélité, la

structure de l'œil ; de même il s'est trouvé qu'avant d'avoir connu la structure de l'oreille, l'homme avait construit, pour favoriser l'audition et concentrer les sons, des appareils entièrement analogues à celui dont l'anatomie a surpris l'artifice, dans l'intérieur de cette portion de la boîte crânienne que l'on désigne sous le nom de *rocher*.

6° *Analogie fondamentale des cinq organes des sens entre eux.*

1752. L'anatomie ne tient compte que des dimensions et des formes ; l'analogie ne s'attache qu'à la structure essentielle et à l'origine du développement, quelles que soient les dimensions et les formes extérieures de l'organe.

Or supposons que le globe de l'œil des animaux supérieurs s'adapte aux proportions d'un animal de quelques millimètres de diamètre, il n'en sera pas moins compliqué dans sa structure, mais pourtant il ne nous apparaîtra que comme un organe de la plus grande simplicité ; il sera alors identique sous tous les rapports avec une papille de toute autre perception. Mais, après avoir suivi l'analogie du *summum* au *minimum* de développement, remontons par la pensée en sens contraire, et ne reculons pas devant l'idée de voir dans la plus petite papille nerveuse, un organe d'une structure tout aussi compliquée, en son genre, que l'œil de l'animal le plus développé ; chaque papille est un sens, qui modifie ses fonctions, selon les surfaces où elle parvient à se mettre en communication avec l'air extérieur, afin de démêler parmi les impressions, celle qui peut se combiner avec la nature du fluide qu'elle élabore. Il est donc parfaitement concevable qu'un sens puisse se substituer à un autre et en réparer en quelque sorte l'absence ; qu'une papille destinée, dans l'état normal, à percevoir telle impression, s'organise tout à coup de manière à percevoir l'impression voisine ; et il ne répugne pas plus à ma raison de supposer des animaux, dont tout le corps soit couvert d'organes de la vision, que d'en rencontrer, dont toute la périphérie, ainsi que nous le démontrerons plus bas, n'est qu'une seule branchie. Mais si ce phénomène peut être admis comme capable de se présenter à l'état normal, il ne doit pas me répugner de supposer qu'il puisse se reproduire dans un état anormal. En effet, tout établit, dans nos observations d'histoire naturelle, que ce que la nature a créé dans une espèce, elle le reproduit souvent dans une autre ; nous appelons ces créations insolites des anomalies, des aberrations, des *monstruosités*. Si donc il est démontré qu'elle ait donné à certains êtres des milliers d'yeux, et qu'il me soit permis de pousser à l'infini le nombre d'yeux, dont elle a la puissance de couvrir la surface du corps, il doit m'être également permis de supposer un cas extraordinaire, où un être, qui habituellement ne possède que deux yeux, acquiert tout à coup, par une nouvelle circulation du fluide qui éclaire, des myriades d'organes voyants, et même que toutes les papilles du toucher soient dans le cas de transmettre à mon cerveau l'impression des ombres et de la lumière, c'est-à-dire l'impression des images; que le toucher de l'aveugle, enfin, ait le sentiment des couleurs, tout autant que celui des accidents de surface, et que le somnambule voie distinctement en fermant les yeux. Or nous avons des exemples incontestables de l'un et l'autre phénomène ; il nous manquait seulement l'explication du fait.

7° *Sensibilité.*

1753. Les physiologistes de l'école académique ont procédé à de nombreuses expériences sur la sensibilité, avant de s'être fait une idée rigoureuse de ce mot. Nous les voyons constater qu'un nerf est ou n'est pas sensible, selon que l'animal témoigne ou non de la douleur, à l'instant où le nerf subit la piqûre d'une pointe ou une solution de continuité. C'est-à-dire qu'ils n'ont compris, sous le nom de *sensibilité*, que la sensibilité de l'organe du tact ; et sous le nom de sensation expérimentale, que l'impression du frottement ou du déchirement, d'une solution enfin plus ou moins considérable dans la continuité des tissus. Au reste, ce n'est pas avec une discussion plus profonde, que nos physiologistes se livrent à l'expérimentation ; l'un d'eux s'élève hautement contre la logique, en prenant parti pour la voie expérimentale ; comme si la logique n'était pas le flambeau de l'expérimentation.

1754. La *sensibilité* sera pour nous la propriété, que possède un ordre de nerfs, de recevoir une impression extérieure et d'en transmettre la sensation au cerveau. Chaque ordre de nerfs aura donc une sensibilité spéciale, mais tout nerf présentera deux régions différentes, deux sortes de structure, et deux sortes de propriétés ; par son extrémité il recevra les impressions ; par tout le reste de sa longueur, il transmettra les impressions à la masse encéphalique ; dans son tubercule

teminal, il sera organe ; dans sa tige, il sera véhicule de la sensation ; dans l'un il sera sensible, et dans l'autre simple conducteur inerte. Car si la tige était douée d'une certaine sensibilité, la sensation serait arrêtée au passage, absorbée, avant d'arriver au foyer de la pensée et de la perception. Si vous piquez un animal à l'épiderme, il éprouvera une douleur, qu'il ne ressentira nullement si vous le piquez sur le trajet des nerfs qui se dirigent à l'épiderme. Car l'animal ne peut sentir que par un organe, et le cordon nerveux n'est pas un organe, mais une simple communication établie entre des organes. Le nerf optique ne voit pas, mais il transmet la vision ; à plus forte raison si vous le piquez, il ne sentira pas, non-seulement parce qu'il ne se termine pas par un organe du tact, mais encore parce que même alors il ne serait qu'un véhicule et non l'organe papillaire du toucher. Il est inutile d'inviter les physiologistes partisans des piqûres, à ne pas titiller la rétine, puisque définitivement elle est déchue du rang d'organe de la vision. Le nerf auditif ne sentira pas non plus la piqûre, parce que le nerf auditif ne doit transmettre que des sons et non des douleurs, et ensuite parce que, comme le nerf optique, il est véhicule et non organe. Le cerveau, le foyer des perceptions, est insensible aux sensations qui affectent le toucher ; car il n'est pas organisé pour être en communication avec les corps extérieurs, mais pour combiner les impressions qui lui affluent des extrémités de toutes les fibrilles nerveuses. Que si vous trouvez certains nerfs sensibles avant leur terminaison, examinez bien tout autour, et vous découvrirez des ramifications nerveuses qui se distribuent en papilles du tact, sur la surface que la pointe parcourt : en sorte que vous serez exposés à attribuer au tronc nerveux une sensibilité pour la douleur, qui est le fait d'organes papillaires trop petits pour être vus par l'expérimentation, dont la logique ne dirige pas le scalpel. Ne placez donc plus la résolution des problèmes les plus importants et les plus subtils de la vie, au bout de la pointe d'une aiguille qui gratte ; et interrogez un autre oracle que la physionomie stupide d'un animal qui grimace, et n'exprime d'une manière un peu intelligible d'autre sensation que celle de la torture.

Dans le deuxième volume de cet ouvrage, nous reprendrons la question d'après d'autres errements.

---

§ III. *Composition chimique de la substance cérébrale.*

1755. La première analyse que nous possédions du cerveau de l'homme est due à Vauquelin. L'auteur a trouvé que cet organe se composait de : 80,0 d'eau ; 4,55 de matière grasse blanche ; 0,7 de matière grasse rouge ; 7,0 d'albumine ; 1,12 d'osmazôme ; 1,5 de phosphore ; 5,15 d'un mélange de sel marin, de soufre, de phosphate, de potasse, de chaux et de magnésie.

1756. Mais le résultat de cette analyse, qui, par rapport à celle de John sur le cerveau du veau et du cerf, paraît une analyse-modèle, ne doit pourtant être considéré que comme un produit informe de nos ancienues méthodes ; et l'analyse du premier organe de l'être animé est encore à faire ; mais c'est d'après d'autres errements qu'il faudra y procéder.

1757. Qu'est-ce, en effet, que cette matière grasse rouge, par rapport à la matière grasse blanche ? N'y a-t-il pas, dans la première, altération et mélange ? Il suffit de lire l'analyse pour être en droit de le soupçonner. En effet, la matière grasse blanche s'obtient, par précipitation, de l'alcool à 36°, dans lequel on a fait bouillir à plusieurs reprises le cinquième de son volume de substance cérébrale. La matière grasse rouge au contraire s'obtient en évaporant, presque en consistance de bouillie, la solution alcoolique, lavant avec de l'eau pour enlever l'osmazôme. Ces deux matières grasses ne diffèrent que par leur coloration. Je renvoie sur cet sujet à ce que je dirai à l'article des huiles et graisses.

1758. Je ne m'occuperai de l'osmazôme qu'en parlant des substances organisatrices.

1759. Mais je m'arrêterai plus spécialement sur le phosphore que Vauquelin regardait comme existant à l'état libre, dans le cerveau. En calcinant l'une et l'autre matière grasse, il se forme un acide que l'on reconnaît pour de l'acide phosphorique ; c'est cet acide qui, en revêtant toutes les particules de la substance charbonnée, s'oppose à sa complète incinération, si l'on n'a soin de laver de temps en temps le charbon. Or Vauquelin concluait que le phosphore n'existait, dans le cerveau, ni à l'état d'acide libre, ni à l'état de phosphate d'ammoniaque, de ce que 1° avant leur incinération ces substances ne rougissent pas le tournesol, et 2° de ce qu'une solution chaude de potasse n'en dégage pas de l'ammoniaque.—La première raison est péremptoire ; mais il n'en est

première raison est péremptoire ; mais il n'en est pas de même de la seconde. Car nous avons vu que la potasse caustique agit à chaud sur les substances organiques, en se combinant avec les produits de leur décomposition (1292). Or, si la substance organique se trouve mélangée, à l'état de magma, ou bien combinée avec un phosphate d'ammoniaque, il arrivera sans aucun doute que la potasse ne dégagera plus l'ammoniaque du phosphate, comme elle l'aurait fait, si ce sel s'était trouvé dissous dans un liquide non décomposable par l'alcali caustique ; mais que, par suite d'une double décomposition, l'ammoniaque se portera sur l'acide organique de la potasse, en même temps que celle-ci se portera sur l'acide phosphorique. L'ammoniaque que la potasse ne dégage pas, l'incinération la dégage ; et l'acide phosphorique que l'on retrouve alors n'est que l'acide mis en liberté par la volatilisation de sa base.

1760. Les moelles allongée et spinale, d'après le même auteur, contiennent plus de matière grasse et moins d'albumine, d'osmazôme et d'eau. Les nerfs, au contraire, contiennent beaucoup moins de matière grasse, beaucoup plus d'albumine et plus de graisse analogue à l'adipocire. La structure des nerfs, telle que nous l'avons observée (1608), explique suffisamment la prédominance de l'albumine ; car ce produit représente les parois, non-seulement du tissu cellulaire qui sépare les divers troncs nerveux, mais encore des tubes cylindriques propres, dont est formé chacun de ces troncs.

1761. Mais les nerfs présentent deux circonstances qu'il est bon de signaler : 1° un nerf abandonné à lui-même sur une lame de verre, par un temps sec, se dessèche sans se putréfier, tandis que la substance cérébrale se putréfie en vingt-quatre heures ; 2° le nerf une fois desséché a tous les caractères physiques de la substance cornée, des ongles et des poils, et autres corps analogues ; quant aux rapports chimiques, ces corps ne diffèrent pas assez pour faire repousser cette analogie. Cette deuxième observation me paraît importante en physiologie. Au reste, c'est maintenant sur un cylindre isolé de nerf (1607) que l'analyse doit être faite ; c'est là qu'on aura, à l'état de sa plus grande pureté, la substance nerveuse.

1762. On sait que les nerfs sont de si bons conducteurs d'électricité, qu'on peut réveiller la contraction musculaire d'un membre privé de la vie, en faisant passer le courant voltaïque dans un tronc nerveux.

1763. La méthode ancienne meurt, mais elle ne se rend pas. La critique que nous avons faite, dans notre première édition, des analyses de Vauquelin relatives à la composition chimique du cerveau, bien loin d'avoir été un avertissement utile pour les chimistes de nos jours, nous a donné un travail bien plus extraordinaire que celui du membre de l'Académie. Le 30 juin 1834, Couerbe a présenté à l'Académie des sciences les résultats de ses recherches sur la nature du cerveau.

1764. « D'après lui (*), la matière cérébrale, vue au microscope d'un fort grossissement, paraît composée de globules légèrement elliptiques ; mais la substance grise présente constamment ces globules plus gros que la substance blanche. Du reste, ajoute-t-il, ces globules sont coagulables par les acides, comme ceux du lait, du sang, et d'un grand nombre d'autres substances. » Depuis la publication de nos premiers travaux, et surtout depuis celle du *Nouveau système de chimie organique*, les chimistes ont pensé qu'ils donneraient une certaine sanction à leurs expériences de laboratoire, en les faisant précéder de quelques signalements pris au microscope. Mais ils s'acquittent de ce soin sans trop paraître en avoir compris l'importance ; c'est une mode à laquelle ils sont forcés d'obéir, plutôt qu'un devoir d'observateur qu'ils remplissent. Ils s'assurent s'ils voient des globules, et les décrivent ensuite, d'après les formules imprimées plutôt que d'après des expériences qui leur soient propres ; et tout cela, à l'impression, a l'air d'être vrai, parce que tout cela forme une phrase. Les globules se montrent dans toutes les substances organiques que l'on observe au microscope. C'est aux réactions sagement conduites, qu'il appartient de décider de leur nature et de leurs caractères. Or nous trouvons, dans les caractères que l'auteur assigne aux globules par lui observés, des circonstances qui nous démontrent que l'auteur les a définis d'imagination :

1° D'abord des globules ne sauraient être coagulables ; car pour se coaguler, il faudrait qu'ils fussent liquides, ce qui est contradictoire dans les termes. Ils peuvent être susceptibles de se déformer, de se contracter, de devenir opaques ; mais, par cela seul qu'ils sont globules, ils sont déjà coagulés.

2° Dans le lait, il existe deux sortes de globules, des globules albumineux, que les acides font contracter, et des globules oléagineux, que

(*) *Journal de Pharmacie*, tom. X, p. 524.

les acides dissolvent et saponifient. Il n'est donc pas exact de comparer les globules du cerveau aux globules du lait, qui sont de deux sortes.

3° Il n'est pas vrai que les globules de la substance grise soient constamment plus gros que ceux de la substance blanche, et nous pouvons faire varier le volume des uns et des autres à l'infini, selon que nous procèderons d'une façon ou d'une autre à l'expérience, selon que nous observerons la substance du cerveau seule ou plongée dans une nappe d'eau.

4° Enfin la substance oléagineuse domine dans le cerveau; or la substance grasse se distribue dans l'eau qui la recueille au sortir d'un organe, en myriades de globules de toutes les formes et de toutes les dimensions; les globules dont parle l'auteur sont donc des gouttelettes oléagineuses; ils n'avaient rien d'organisé, et parlant n'affectaient ni forme ni dimensions invariables. Avis à ceux qui recherchent avec tant d'importance les globules. Mais ce n'est là que le *proemium* du travail de l'auteur.

1765. D'après lui, le cerveau contient six substances principales, également étranges, et par la nature de leur composition, et par les dénominations qui les désignent. La pensée résiderait donc dans un mélange de *stéaroconote*, de *cérancéphalote*, d'*éléancéphol*, de *cérébrote*, de *cholestérote*, et de *nevriléine*, plus des corps trouvés par Vauquelin : acide lactique, soufre, phosphore.

La *stéaroconote* de l'auteur serait une matière grasse, de couleur fauve, insipide, donnant par la combustion un charbon acide; elle serait *insoluble dans l'alcool et l'éther*, soluble dans les huiles grasses et volatiles. L'acide nitrique la dissout après quelques instants d'ébullition. Elle reparaît avec l'apparence d'une graisse blanche, acide, soluble dans l'alcool bouillant, et cristallise alors en petites lames semblables à celles des acides margarique et stéarique.

La *cérancéphalote* (cire du cerveau) serait solide, brune, insoluble dans l'alcool et dans l'eau, soluble dans 25 parties d'éther froid, se ramollissant par la chaleur sans acquérir une fluidité parfaite; desséchée, elle serait élastique comme le caoutchouc.

L'*éléancéphot* serait liquide, rougeâtre, d'une saveur désagréable, soluble en toutes proportions dans l'éther, les huiles douces et volatiles, et dans l'alcool; à l'aide de la chaleur, cette matière dissout assez bien les autres matières du cerveau, qui lui donnent de la consistance.

La *cérébrote* reviendrait à la *matière grasse blanche* de Vauquelin, et à la *mycoclone* de Kühn; mais Vauquelin la disait fusible, l'auteur l'a trouvée infusible : elle est soluble dans l'alcool bouillant, et peu dans l'alcool froid. La solution de potasse ne la saponifie pas.

La *cholestérote* grasse, cristallisable, diffère peu, d'après l'auteur, de la cholestérine biliaire.

La *névriléine* est la masse fibreuse, agglomérée, qui reste après la macération de la masse cérébrale dans l'alcool à 40° et dans l'éther.

L'analyse élémentaire lui a fourni les résultats suivants :

	Éléancéph. et stéarocon.	Cérancéphal.	Cérébrote.	Cholestérote.
Carbone. .	59,832	66,362	67,818	84,895
Hydrogène.	9,246	10,034	11,100	12,099
Azote . . .	9,352	3,250	3,399	
Soufre. . .	2,030	1,959	2,138	
Phosphore	2,420	2,544	2,332	
Oxygène. .	17,120	15,851	13,213	3,006
	100,000	100,000	100,000	100,000

1766. Par un résultat qui certainement eût été de la plus haute importance en phrénologie, Couerbe avait découvert que le cerveau des aliénés contenait plus de phosphore que le cerveau à l'état normal. Mais tout à coup Lassaigne annonce qu'il a trouvé tout le contraire (*).

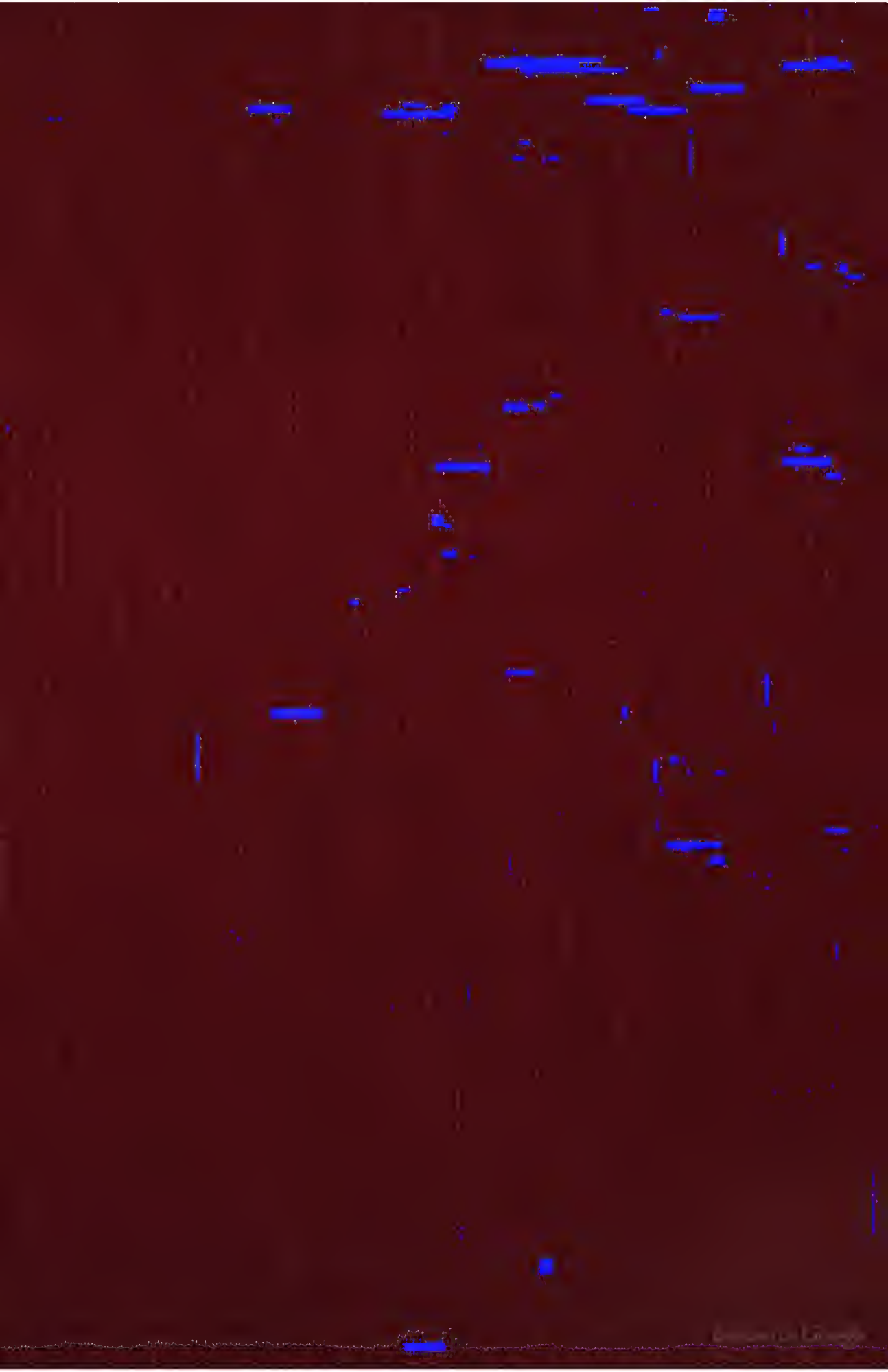
1767. Il serait difficile d'expliquer par quelle route l'auteur est arrivé à des résultats d'une si extraordinaire précision; il aurait fallu se trouver à côté de lui pour surprendre chacune de ces substances pour ainsi dire à la filière. Mais on peut remarquer tout d'abord une lacune immense au milieu d'un travail du reste si bien rempli; évidemment l'auteur aurait dû nous donner les proportions selon lesquelles chacune de ces substances rentre dans la composition du cerveau, après nous avoir appris, avec la précision de trois décimales, dans quelles proportions chacune d'elles renferme de l'hydrogène, du carbone, du soufre, du phosphore et de l'oxygène. C'est un point bien essentiel et qui mérite nos regrets; car, la table à la main et avec la connaissance du procédé, nous aurions eu le moyen d'arriver à deviner les différences des capacités intellectuelles, par la différence des proportions de *cérébrote*, de *stéaroconote*, d'*éléancéphol*, de *cholestérote*, de *cérancéphalote*, de *névriléine* enfin, qui rentreraient dans la composition chimique du cerveau soumis à l'autopsie.

(*) *Journal de Chimie medicale*, t. Ier, 2e série, p. 544.

1768. Mais en attendant la réalisation de cette utopie, discutons la valeur de ces créations en général. Le cerveau renferme deux substances principales, qui jouent un grand rôle dans l'organisation animale, de l'albumine ou fibrine, et de l'huile, combinée, à un état plus ou moins avancé et plus ou moins intime, avec des sels ammoniacaux, des sulfites, hydrosulfates et phosphates. Si ces hydrosulfates et ces phosphates avaient eu pour base la chaux ou un alcali fixe, il est constant, par la connaissance des habitudes chimiques, que ces sels ne seraient entrés pour rien dans la composition élémentaire des substances grasses ci-dessus énumérées, et n'auraient pas figuré sur la liste des éléments éliminés par l'analyse. Toutes ces substances grasses, au lieu d'apparaître comme des composés senaires, auraient repris leur modeste rang de composés ternaires (837) parmi les huiles et les graisses. Mais le phosphate ammoniacal s'est décomposé par la combustion en azote et hydrogène gazeux, et en acide phosphorique fixe, l'hydrosulfate en hydrogène, en soufre et en azote; et sans remonter plus haut par la logique, l'analyste, aussi scrupuleux observateur que le physiologiste des résultats matériels (1753), a pris note des nombres épars, et en a fait un tout à sa manière.

1769. D'un autre côté, l'albumine et l'huile sont solubles presque en égales proportions, dans les acides et les alcalis. Or, s'il se trouve, dans la série des opérations de l'analyse humide (65), un acide ou un alcali capable de dissoudre également l'albumine et l'huile, il se formera nécessairement un mélange de deux choses hétérogènes qui simulera une substance *sui generis*, qui sera liquide ou liquéfiée à la même température, précipitable par les mêmes réactifs, soluble dans les mêmes menstrues, dans l'alcool et dans l'éther, selon les doses de l'acide qui servira de véhicule au mélange, mais de telle sorte qu'il arrivera aussi que l'un des deux éléments du mélange protégera l'autre contre l'action de son dissolvant naturel, une fois que l'acide qui leur sert de véhicule commun aura été saturé par une circonstance quelconque de la manipulation. Alors l'albumine soustraira une portion de l'huile à l'action de l'éther, en se coagulant et l'emprisonnant dans ses molécules, l'huile soustraira à l'action de l'eau toute la quantité d'albumine autour de laquelle elle viendra se déposer, en se précipitant par l'action de l'eau même. Et tous ces effets varieront dans de telles limites, qu'en vérité, si quelque chose nous étonne dans l'analyse qui fait le sujet de ces observations, c'est que l'auteur se soit arrêté à un nombre si petit de créations nominales, et qu'il n'ait pas poussé plus loin le cours de ses conquêtes. Quant aux chiffres de l'analyse, nous ne les considérons, pour nous servir d'une expression de la langue des peintres, que comme des *trompe-l'œil*. En un mot, l'analyse en entier n'est qu'un abus d'une fausse méthode; et son plus grand défaut est certainement dans sa précision.

5691580

FIN DU TOME PREMIER.

MC